



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

**Efecto del almidón de residuos de Manihot esculenta,
Musa paradisiaca y concentración de aditivos naturales,
en la producción de bioplástico**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Robles Romero, Erika Rocio (ORCID: 0000-0002-5122-2258)
Zarate Cabrera, Jasmina Del Pilar (ORCID: 0000-0002-1486-1229)

ASESOR:

MSc. Valderrama Ramos, Isidoro (ORCID: 0000-0003-4001-3255)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA:

La presente investigación va dedicada principalmente a Dios, por guiarnos, brindarnos sabiduría, tranquilidad, fortaleza espiritual y constancia para lograr uno de nuestros objetivos más anhelados.

A nuestros padres, por su amor infinito, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a su apoyo incondicional, hemos podido llegar hasta esta estancia y ser lo que hace 5 años soñábamos con tanta ilusión.

A nuestros hermanos y amigos por su comprensión, motivación, cariño, confianza y acompañamiento a lo largo de nuestra vida universitaria.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darnos la vida y guiarnos a lo largo de nuestra existencia.

*“A mis padres, Juana Cabrera Cruz y Tealdo Zarate Flores, por su esfuerzo, lucha, perseverancia y confianza. A mi hermana Abigail, a mi tía Liz, familiares y amigos, por sus consejos y acompañamiento en toda esta etapa de mi formación profesional (**Jasmina Zarate Cabrera**)”.*

*“A mi querida madre Esperanza Romero Argomedo, por su amor inigualable, sacrificio y dedicación; a mis hermanos Carlos, Ronaldo y Marianella; a mi profesora Sarita Obeso Lázaro y a todos mis familiares y amigos, por todo su cariño y apoyo incondicional (**Erika Rocio Robles Romero**)”.*

A nuestros asesores, Dr. Alberto Quezada Álvarez, MSc. Isidoro Valderrama Ramos y Ing. Karol Mendoza Villanueva, por su gran aporte, confianza y motivación durante el desarrollo de esta investigación, y a todos en general, que formaron parte de nuestra formación académica durante estos 5 años, definitivamente los mejores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	ix
II. MÉTODO.....	11
2.1. Tipo y diseño de investigación:	11
2.1.1. Tipo de investigación:.....	11
2.1.2. Diseño de investigación:	11
2.1.3. Operacionalización de variables:	12
2.2. Población, muestra y muestro:	13
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:.....	13
2.4. Procedimiento:	14
2.5. Método de análisis de datos:	15
2.6. Aspectos éticos:	15
III. RESULTADOS.....	16
IV. DISCUSIÓN.....	22
V. COCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES	27
VII.PROPUESTA.....	27
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	28
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño experimental de la investigación.	11
Tabla 2. Variables y su operacionalización.	12
Tabla 3: Obtención de materia prima principal y su relación con el factor ambiental (E-Factor).	16
Tabla 4: Ensayo de tracción (MPa) de las películas de bioplástico.	16
Tabla 5: Ensayo de elongación (%) de las películas de bioplástico.	17
Tabla 6: Ensayo de humedad (%) de las películas de bioplástico.	17
Tabla 7: Prueba de POST-HOC, para el tipo de almidón.	19
Tabla 8: Diseño experimental del trabajo de investigación.....	35
Tabla 9: Especificaciones de los procesos.....	35
Tabla 10: Propiedades de los plásticos.....	35
Tabla 11: Características de bioplásticos Vs plásticos convencionales.	36
Tabla 12: Estimación del costo promedio de una bolsa plástica convencional (bolsa de polietileno de baja densidad) Vs una bolsa a base de bioplástico.	36
Tabla 13: Consolidado del promedio de los resultados de la caracterización de las películas de bioplástico.	36
Tabla 14: Prueba de normalidad para % de elongación y tipo de almidón.	43
Tabla 15: Prueba de normalidad para % de elongación y concentración de aditivo.....	43
Tabla 16: Prueba de homogeneidad de varianza.	44
Tabla 17: Prueba Anova (inter-sujetos) para tipo de almidón y concentración de aditivo	44
Tabla 18: Prueba de inter-sujetos para la variable tipo de almidón.	45
Tabla 19: Prueba de Post Hoc – Sub conjuntos homogéneos para tipo de almidón	45
Tabla 20: Prueba de Post Hoc – Sub conjuntos para concentración de aditivo.	46
Tabla 21: Prueba de rangos para tipo de almidón en sus tres niveles.	47
Tabla 22: Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.....	47

Tabla 23: Prueba de rangos para tipo de almidón (RR. SS de plátano y RR. SS de yuca).....	48
Tabla 24: Prueba de Mann-Whitney – variable TIPO DE ALMIDÓN (RR. SS de Plátano – RR. SS de Yuca) sobre % de Humedad y ensayo de tracción.....	48
Tabla 25: Prueba de rangos para tipo de almidón de RR. SS de plátano y RR. SS de plátano/yuca.....	48
Tabla 26: Prueba de Mann-Whitney – variable tipo de almidón (RR. SS de plátano – RR. SS de plátano y yuca) sobre % de humedad y ensayo de tracción	49
Tabla 27: Prueba de rangos para tipo de almidón de RR. SS de yuca y RR. SS plátano/yuca.....	49
Tabla 28: Prueba de Mann-Whitney – variable TIPO DE ALMIDÓN (RR. yuca – RR. SS plátano yuca) sobre % de humedad y ensayo de tracción.....	49
Tabla 29: Prueba de rangos para concentración de aditivos en sus cinco niveles.....	50
Tabla 30: Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.	50
Tabla 31: Registro de datos de obtención de Almidón.....	51
Tabla 32: Registro de datos de las propiedades físico-mecánicas de películas de bioplástico.	52
Tabla 33: Registro de datos de la biodegradación a condiciones ambientales – suelo...53	

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Comparación de los resultados de tracción (MPa) con la norma ASTM D882	18
Figura 2. Comparación de los resultados de elongación (%) con la norma ASTM D882.....	18
Figura 3. Gráfico de perfiles de interacción entre variables.....	19
Figura 4. Biodegradación de las películas de bioplástico en 6 semanas.	20
Figura 5. Comportamiento del pH del suelo tras la exposición de bioplástico.	20
Figura 6. Comportamiento de la C.E. del suelo tras la exposición de bioplástico.	20
Figura 7. Análisis del pH durante la inmersión de bioplástico en el agua del río Moche.....	21
Figura 8. Análisis de la C.E. durante la inmersión de bioplástico en el agua del río Moche.....	21
Figura 9. Obtención de almidón de cascara de plátano.	37
Figura 10. Obtención de almidón de cascara de yuca.	38
Figura 11. Proceso de elaboración del bioplástico	39
Figura 12. Biodegradación a condiciones ambientales – suelo.....	40
Figura 13. Proceso de obtención de almidón en polvo de Manihot Esculenta.....	41
Figura 14. Proceso de obtención de almidón en polvo de Musa Paradisiaca.....	41
Figura 15. Proceso de obtención de almidón de residuos de Manihot Esculenta.....	42
Figura 16. Proceso de obtención de almidón de residuos de Musa Paradisiaca.....	42
Figura 17. Gráfico de perfiles de interacción entre variables: concentración de aditivo y tipo de almidón en el % de elongación.....	46
Figura 18. Recepción de materia prima y limpieza de impurezas.....	54
Figura 19. Pesado y rayado de los residuos de yuca	54
Figura 20. Lavado y sedimentación del almidón.....	54
Figura 21. Secado a 45 °C	55

Figura 22. Molienda y tamizado en la malla N° 325.....	55
Figura 23. Almidón de yuca	55
Figura 24. Reposo en ácido cítrico al 3% durante 15-30 min	56
Figura 25. Extracción del endocarpio - reposo en ácido cítrico 3%	56
Figura 26. Secado a 45 °C y Molienda.....	57
Figura 27. Tamizado de almidón en la malla N° 325.....	57
Figura 28. Peso de almidón y medición de aditivos naturales (ácido acético y glicerina).....	58
Figura 29. Mezcla en el agitador magnético	58
Figura 30. Películas de bioplástico de almidón de residuos de yuca y plátano.....	59
Figura 31. Análisis de Elongación y ensayo de tracción.....	59
Figura 32. Degradación a condiciones ambientales.	60
Figura 33. Reporte de programa turning.	60

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo principal “determinar el efecto del almidón de residuos de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales, en la producción de bioplástico”, la investigación es de tipo aplicada-cuantitativa. Donde la población son los residuos orgánicos que se generan en el Mercado Zonal Palermo por día (20 toneladas/día aproximadamente), de donde se extrajo una muestra de 4 kg de cada residuo. Los datos obtenidos fueron recolectados mediante una ficha de registro de datos.

Donde, por cada kilogramo de residuos de *Manihot esculenta* y *Musa paradisiaca*, se obtuvo 58.0217 g y 20.5803 g respectivamente, además el E-Factor indica que el primer proceso es más amigable con el medio ambiente; asimismo, se obtuvo que el ensayo Y(C2) presenta una resistencia a la tracción de 20.27 MPa, para el porcentaje de elongación el ensayo Y(C1) alcanzó 28.37 %, en la prueba de humedad se consiguió 10% en el ensayo P(C1), siendo estos los mejores resultados obtenidos de acuerdo a la norma ASTM D882, por otro lado, según la prueba de biodegradación establecida por la normativa NTE INEN 2644:2013; se obtuvo que al cabo de 6 semanas las películas de bioplástico presentan una biodegradación de 77.6% aproximadamente; por otro lado las películas de bioplástico al ser sumergidas en agua del río Moche no alteran significativamente el nivel de pH y conductividad eléctrica, según lo indicado por el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Finalmente, se concluye que el almidón de residuos de *Manihot Esculenta* es más eficiente y amigable con el medio ambiente; por otro lado, las películas compuestas por el almidón de dicho residuo y concentración de aditivos de 5ml-5ml y 7ml-3ml relación ácido acético-glicerol, presentan mejores características físico-mecánicas, además son biodegradables, y no generan impactos ambientales adversos.

Palabras clave: “Bioplástico, aditivo natural, almidón, biodegradación”

ABSTRACT

The main objective of this research is to "determine the effect of the residue starch of *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* and concentration of natural additives, on the production of bioplastic", the research is of applied-quantitative type. Where the population is the organic waste generated in the Palermo Zonal Market per day (approximately 20 tons/day), from which a sample of 4 kg of each waste was extracted. The data obtained was collected using a data record sheet.

Where, for every kilogram of waste of *Manihot esculenta* and *Musa paradisiaca*, 58,0217 g and 20,5803 g were obtained respectively, in addition the E-Factor indicates that the first process is more environmentally friendly; it was also obtained that the Y(C2) test has a tensile strength of 20.27 MPa, for the elongation percentage the Y(C1) test reached 28.37 %, in the moisture test 10% was achieved in the P(C1) test, these being the best results obtained according to ASTM D882, on the other hand, according to the biodegradation test established by the NTE INEN 2644:2013 standard; bioplastic films were obtained to have a biodegradation of approximately 77.6% after 6 weeks; on the other hand, bioplastic films when submerged in Moche river water do not significantly alter the pH level and electrical conductivity, as indicated by D.S. N°. 004-2017-MINAM.

Finally, it is concluded that *Manihot Esculenta* residue starch is more efficient and environmentally friendly; on the other hand, the films composed of the starch of said residue and concentration of additives of 5ml-5ml and 7ml-3ml ratio acetic acid-glycerol, have better physical-mechanical characteristics, are also biodegradable, and do not generate adverse environmental impacts.

Keywords: "Bioplastic, natural additive, starch, biodegradation".

I. INTRODUCCIÓN

La ineficiente gestión de los residuos o desechos sólidos es una problemática de carácter crítico a nivel universal generado por el hombre a través de las distintas actividades. En consecuencia, la contaminación de los océanos, de la atmosfera mediante la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) [...], ya que se estima que más del 90% de los residuos son quemados o arrojados a cielo abierto [...]. Del mismo modo, en el año 2016 se generó a nivel mundial 242 millones de toneladas de residuos plásticos, además, se estima que en los 30 años próximos la generación de residuos aumentara drásticamente, debido al acelerado crecimiento poblacional (Kaza, L. et al, 2018, p. xi, xii).

Por otro lado, se estima que en América Latina se genera en promedio un kilogramo de residuos por habitante cada día (1kg/hab. día), lo que a nivel mundial representa un 10% [...] de lo que coloquialmente se conoce como “basura”, asimismo, son vertidos a los océanos 13 millones de toneladas al año de plásticos [...]; debido a que alrededor de 40 millones de personas no cuentan con el servicio de recolección de residuos (ONU, 2018).

En el Perú, la inadecuada gestión de los residuos sólidos es una realidad problemática compleja, prueba de ello es que solamente el 19% de todos los residuos que se generan son reciclados. [...] A nivel nacional en el año 2016 se generó 7'005,576 toneladas de residuos municipales, dichos residuos en su mayoría son arrojados a los mares, en los que abundan principalmente los plásticos (MINAM, 2018).

De igual forma, la ciudad de Trujillo no cuenta con un relleno sanitario para realizar la correcta gestión de sus residuos, pero si tiene un botadero llamado “El milagro”, el cual ha colapsado en los últimos años debido a la generación excesiva de residuos, producto del acelerado crecimiento de la población. En el año 2015 la producción per-cápita fue de 0.54 Kg/hab/día, donde el 54,98 % está compuesto por residuos orgánicos, el 24,14% son residuos reciclables, 12% residuos peligrosos y el 8,17% de residuos no aprovechados, generando severos problemas a la salud de las personas y al medio ambiente en su conjunto (SEGAT, 2016).

Debido a la problemática presentada, la presente investigación tiene como finalidad evaluar el efecto del almidón de residuos de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales, en la producción de bioplástico.

Por otro lado, Trujillo (2014). En su tesis titulada **“Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos”**. Donde se planteó como objetivo, determinar las condiciones para obtener las películas biodegradables con características físico-mecánicas (solubilidad, PVA, humedad, tensión de fractura y elasticidad) aceptables para la industria como empaques de alimentos.

Primero se realizó la extracción de almidón de yuca, luego se procedió con su caracterización química y sus respectivas modificaciones. Para la elaboración de las películas, se manejaron 27 tratamientos. Concluyendo que, si es posible realizar las biopelículas de almidón de yuca en condiciones adecuadas y doblemente modificadas, utilizando almidón, proteína de soya, glicerol (plastificante) y agua, donde el tratamiento N° 19: almidón: 2 g, agua: 90 g, glicerol: 1 g, proteína: 0.2 g, presenta las mejores características: humedad: 14.84%, solubilidad: 20.54%, espesor: 0.11 mm, permeabilidad de agua: 0.03 mm/h.m². KPa, opacidad: 3.24%, tensión en la ruptura: 5.22 MPa, elasticidad: 19.10 MPa. (Trujillo, 2014, p. xv, 2, 107, 110)

De igual manera, Leites, Corralo y Cristina (2017). En su indagación **“Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films”**, cuyo objetivo de estudio fue evaluar la influencia del contenido de almidón sobre las características físico-mecánicas y funcionales de las películas de maíz (*Zea mays L.*) y yuca (*Manihot esculenta L.*), asimismo, se caracterizó las películas en cuanto a su espesor, solubilidad, etc., posteriormente los resultados fueron comparados con las películas comerciales de envasado de alimentos.

Para elaboración de las películas, se empleó las siguientes cantidades de almidón de maíz y yuca: 20, 30, 40, 50, 60 g respectivamente; glicerol: 9 g y goma xantana: 0.05 g, donde las películas fueron sometidas a un baño en agua de 90 ° C durante 35 min hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente la solución se vertió en placas Petri, su secado se realizó con aire forzado durante 24 h a 35 °C.

Concluyendo que, las películas que contienen 30g y 50g de almidón obtuvieron buenos resultados, siendo la mejor la de 50g de almidón de yuca, y al ser comparadas con las películas comerciales cumplen con las características requeridas.

Asimismo, Piza *et al.* (2017). En su investigación denominada **“Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cascara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú”**, se planteó como objetivo obtener un prototipo de bioplástico tipo plato descartable, a partir de cascara de plátano bellaco descartadas en las chifleras de Piura (mermas), para ofrecer una propuesta de línea de producción que sea eficiente y se pueda aplicar en la realidad de esta industria. Su metodología a trabajar en la elaboración de bioplásticos se hizo mediante 3 experimentos, donde el 3^{ro} fue el mejor (polvo de almidón: 10 g, agua destilada: 60 ml, glicerina: 5 ml, ácido acético: 5 ml, goma de arroz: 5 g), concluyendo que este tiene una textura lisa con menor cantidad de grumos. De igual manera, se tuvo la mayor resistencia de atracción rompiéndose después de 20 min.

De igual forma, Vicente (2018). En su tesis denominada **“Aprovechamiento de la cascara residual de la *Musa Balbisiana* para la obtención de bioplástico, en el mercado APECOLIC- Comas – 2018”**, se planteó como objetivo determinar la viabilidad del aprovechamiento de la cascara residual de plátano (*Musa Balbisiana*) para la obtención de bioplásticos. La metodología se basó en reutilizar las cascara de plátano mediante la recolección, extracción de almidón y la elaboración de bioplástico.

Donde se elaboraron 4 muestras de bioplástico a diferentes concentraciones, teniendo en cuenta que la N° 01 es una muestra testigo de polietileno de baja densidad, concluyendo que la muestra N° 02 fue la que presenta mejores características, estando compuesta por, (10 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 5 ml de glicerina y 50 ml de agua destilada), del mismo modo, se determinó las propiedades físico-mecánicas del bioplástico, obteniendo que, la fuerza de resistencia de tracción es de: 33.23 N/m², fuerza de tracción: 38.62% y elongación 91.91% .

Mientras que el plástico de polietileno de baja densidad obtuvo una resistencia de tracción de 38.96 N/m², fuerza de tracción de 80.44% y elongación 21.93%. Donde se nota una similitud cuantitativamente al hacer la comparación de estas dos películas, por lo que puede ser sustituido por las películas de bioplástico, ya que presentan características similares. (Vicente, 2018. p, 24-41-61)

Por otra parte, los residuos hoy en día ya no son considerados como basura, sino más bien son denominados material de descarte que puede ser insertado nuevamente dentro de un proceso o actividad, ya que por lo general son reaprovecharles.

Tal es el caso de los residuos orgánicos municipales provenientes de los mercados y mantenimiento de áreas verdes (D.L 1278, 2016, p.3). “Asimismo, según el enfoque de la química verde, estudia el indicador denominado factor ambiental (E-Factor), este es igual a la cantidad de residuos generados sobre la cantidad de producto principal obtenido, cuando el E-Factor de una organización es más cercano a cero, sus procesos serán más amigable con el medio ambiente” (Serrano, 2009, p.413).

Por otro lado, los plásticos o polímeros plásticos son materiales que por lo general se obtienen del petróleo y derivados de este, el plástico es usado a gran escala debido a su gran nivel de durabilidad y versatilidad.

Asimismo, su tiempo de degradación es muy lento formando pequeños micro plásticos, en consecuencia, la acumulación de los residuos plásticos ha aumentado considerablemente en los últimos años, lo que ha generado múltiples impactos ambientales (Woong y Joo, 2019, p. 699).

Estos polímeros provenientes de fuentes de petróleo suelen tardarse desde cientos hasta miles de años en descomponerse de forma natural, por lo que se tienen que emplear métodos para biodegradar dichos materiales (Brant et al., 2018, p. 2).

Las películas o plásticos de polietileno son de los materiales más monopolizados a nivel internacional, debido a que presentan características favorables para su uso, como es el caso del alto nivel de impermeabilidad al agua, asimismo, una de las ventajas más notables es la flexibilidad y además que no suelen sufrir procesos de putrefacción, por ende, no son alterados por ningún tipo de microorganismo, es por ello, que suelen ser muy atractivos comercialmente.

Los plásticos presentan propiedades mecánicas, las cuales se definen como la capacidad de resistir fuerzas externas o cargas aplicadas sobre este, entre las propiedades están la resistencia de flexión o elasticidad que es la capacidad de un material a ser curvado o doblado sin romperse, así también la resistencia a la compresión es empleada para caracterizar materiales compuestos, por otro lado, dentro de las propiedades físicas están la dureza, la densidad y la capacidad de permeabilidad al agua, etc. (López y Rojas, 2018, p. 94-96-98).

El ensayo de resistencia a la tracción, es la capacidad de resistencia máxima que tiene un material sometido a una carga de tracción, la tracción suele variar de acuerdo al grosor de las películas, es decir es el esfuerzo máximo realizado a un material en una prueba de tracción. (ASTM D882, 2018. p,4).

De igual modo, el nivel de elongación (%) de un material, viene a ser la medida de la ductilidad que está sujeto a la prueba de tracción, este no es nada más que la medida del incremento de la longitud final es decir después de la rotura, el cual se encuentra dividido por la longitud inicial de la película. Además, cuan mayor sea el porcentaje de alargamiento de la película plástica mayor será su medida de ductilidad, por ende, la capacidad para conducir corriente eléctrica será más favorable, al igual que otros parámetros como la maleabilidad, dureza, entre otros (ASTM D882, 2018. p,5).

Por otro lado, los bioplásticos son materiales con características y propiedades equivalentes a los plásticos convencionales, y se produce a partir de materia prima vegetales como es el caso de la yuca, papa, etc., de estos se extraen polímeros (fibras, proteínas y polisacáridos), los cuales se combinan con aditivos y plastificantes para la formación de bioplástico (Mondino et al., 2017, p. 62).

Igualmente, la producción y comercialización de bioplástico aún es mínima, sin embargo, las industrias actualmente están experimentando con diferentes materiales, con la finalidad de buscar la sostenibilidad ambiental, ya que los bioplásticos por lo general son compostables y biodegradables, por lo que son considerados materiales rentables (Arboleda y Montilla, 2017, p. 12-13).

Del mismo modo, para la elaboración de materiales biodegradables se pueden emplear una serie de polisacáridos que fácilmente se pueden obtener de residuos vegetales, los cuales poseen una diversidad de atributos técnico-funcional, los bioplásticos a base de polisacáridos pueden ser producidos mediante la aplicación de tecnologías de proceso existentes, tal es el caso del modelo por inyección donde se pueden producir prototipos moldeados (Félix et al., 2016, p. 277).

Uno de los polisacáridos más usados es el almidón, ya que es considerado uno de los polímeros ampliamente disponibles ya sea en los tubérculos, cereales, raíces, legumbres y algunas frutas inmaduras como es el caso del plátano o mango.

Los gránulos que componen el almidón son estructuras macromoleculares ordenadas en capas, las propiedades y características varían de acuerdo al origen de proveniencia (Alcázar y Meireles, 2014, p. 90). El almidón está conformado principalmente por dos polisacáridos estructurados químicamente de manera distinta, la amilopectina y la amilasa, la amilopectina es un componente ramificado, mientras que la amilasa presenta estructura lineal, lo cual lo hace una estructura compleja (Agama et al., 2015, p. 73-74). “La amilopectina y la amilasa tienen la forma de gránulos, que tienen características cristalinas y amorfo en cuanto a su estructura, de este modo, se debe de considerar el tipo de almidón de donde se obtiene (Quintero et al., 2015, p. 45)”. “Además, se deben de considerar las diferenciaciones físico-químicas y mecánicas en las propiedades de los almidones, ya que pueden afectar la funcionalidad de este material (Bustillos et al., 2019, p. 149)”.

De igual modo, en la actualidad se viene realizando estudios para modificar y fortalecer las propiedades de los almidones, de esta manera potenciar sus atributos y reducir sus defectos, como es las modificaciones respecto a sus propiedades mecánicas y la minimización de la hidrofiliidad (Reolon et al., 2018, p. 1).

También, estudios indican que el almidón en su forma pura presenta algunos inconvenientes para sustituir polímeros derivados del petróleo, esto es debido a que tiene estructura frágil, por lo que se emplea una mezcla con otros aditivos biodegradables, como es el caso del alcohol de polivinilo o el glicerol, con la finalidad de fortalecer sus propiedades (Zanela et al., 2018, p. 256).

Los almidones modificados, presentan mejores atributos los cuales pueden ser empleados como suplementos en las industrias alimentarias, asimismo como remplazo de grasa y azúcar (Hernández et al., 2018, p. 589).

Del mismo modo, el almidón de yuca posee características inusuales como es el caso de la viscosidad, parámetro que permite que se emplee en la producción de geles, igualmente en la obtención de bioplástico con excelentes propiedades, lo que lo hace un producto atractivo para las industrias (Bonilla, Hoyoc y Villada, 2014, p. 135).

El almidón obtenido de las raíces de la yuca (*Manihot esculenta*) suele ser transformado en un monosacárido (glucosa), por otro lado, durante el procesamiento del almidón se genera bagazo (residuo) que tiene entre un 30-50 % aproximadamente de almidón, que puede ser reaprovechado como materia prima para la producción de bioplástico, con fines energéticos, entre otros (Sánchez et al., 2017, p. 1265-1266).

De igual manera, puede ser empleado en la elaboración de películas comestibles, es decir que no significan riesgos para la salud de las personas, este almidón es el más usados debido a su bajo precio y disponibilidad (Castro et al., 2017, p. 2).

A diferencia, el plátano es la fruta más popular a nivel mundial, además, es considerado el cuarto alimento más consumido después del trigo, el maíz y el arroz, el plano está compuesto por una gran cantidad de almidón especialmente cuando se encuentra en las primeras fases de maduración. La cascara del plátano verde contiene grandes cantidades de compuestos bioactivos, minerales y fibra dietética, tal como es el caso de la celulosa, la pectina, la lignina y hemicelulosas, estos son materia prima para la elaboración de biopolímeros.

De igual manera, el plátano pertenece al género *Musa* de la familia musáceas, y presenta cualidades que son muy valoradas como es el caso del aroma, sabor y textura, que no siempre son frecuentes en las diferentes variedades, las características del almidón de plátano frecuentemente son estudiadas para satisfacer atributos tecnológicos específicos (Khoozani, Bekhl y Birch, 2019, p. 938).

Por otra parte, los polímeros de origen natural, como son las resinas, se les atribuyo el nombre de polímeros bioactivos, especialmente aquello polímeros que no son hidrosolubles, ya que inhiben el crecimiento de microorganismos y frenan la adsorción de agua. Las resinas son aditivos que pueden ser empleados para la producción de bioplástico, como es el caso de los polisacáridos (ácidos grasos y glicerol) (Quiroz y Magaña, 2015, p. 172).

Dentro de los aditivos naturales uno de los más conocidos es el glicerol, considerado un líquido viscoso, incoloro, higroscópico, que es altamente soluble en el agua, pero que en mayoría de disolventes orgánicos no lo es, además, esta sustancia es muy empleada en la producción de bioplástico ya que ayuda a mejorar las propiedades mecánicas como es el caso de la elongación, al mismo tiempo es antibacteriano.

Del mismo modo, el ácido acético o comúnmente llamado vinagre, es una sustancia líquida usada principalmente como un aditivo de origen vegetal para la elaboración de acetato de vinilo, el cual empleado frecuentemente como un adhesivo en la termo fusión y también en el revestimiento de alimentos. “Además, el ácido acético es usado como un aditivo para piensos y alimentos, como un conservante de los encurtidos, entre otros usos” (Mariano, López y Domínguez, 2015, p. 54).

Debido a su composición suele favorecer el fortalecimiento de polímeros biodegradables generando estructuras más sólidas, por lo que es muy apreciado en la producción de bioplásticos.

Por otro lado, para probar que las películas de bioplástico son amigables con el medio ambiente y no generan ningún tipo de problemática, las películas de bioplástico usualmente son sometidas a diferentes métodos de biodegradación y de degradación, donde se realiza múltiples ensayos que ayudan a determinar si las películas de bioplástico son verdaderamente sostenibles, algunos de los métodos más usados son: la biodegradación a condiciones ambientales, aplicando microorganismos, degradación exotérmica, a través de radiación UV, entre otros.

La biodegradación a condiciones ambientales de polímeros, establecida en la guía de “exposición de plásticos que se descompone en el medio ambiente por combinación de la oxidación y la biodegradación”, tiene como propósito establecer un marco para comparar el grado de pérdida de las propiedades físicas de polímeros y las velocidades fiscalizadas de degradación, tal es el caso de la evaluación del nivel de biodegradación y los posibles impactos ecológicos que se generen. Uno de los indicadores que se emplea para la medición es el % en peso de las películas de bioplástico en un determinado tiempo, de igual manera se debe evaluar las características del entorno, por ejemplo, las propiedades físico-químicas del suelo, condiciones meteorológicas, entre otros (NTE INEN 2644, 2013).

Así también, como parte del diagnóstico ambiental se realizará la evaluación de la influencia de las películas de bioplástico en los cuerpos de agua, que pueden ser ríos, lagos, lagunas, etc., esto debido a que la gran mayoría de los plásticos terminan en este recurso, generando impactos en la flora y fauna acuática, motivo por el cual se realizará la caracterización de las propiedades físico-químicas, biológicas y microbiológicas del agua y se comparan con lo establecido en el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM (ECA para agua), dependiendo a la categoría, en este caso se comparará con la “Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de vegetales, entiéndase estas como aquellas aguas empleadas para el regadío de los cultivos vegetales” (El Peruano, 2017).

Por lo cual, se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto del tipo de almidón de los residuos de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales, en la producción de bioplástico?

Por lo que, La Ley N° 28611 “Ley General del Ambiente” (2005), en el Artículo 1 señala que todos los seres humanos poseen derecho ineludible a vivir en un ambiente adecuado, equilibrado y saludable con la finalidad de tener una buena calidad de vida, de igual manera tienen el derecho y el deber de participar activamente en la gestión ambiental, cuya finalidad es el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo equilibrado.

Por otro lado, El Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la “Ley de Gestión Integrada de Residuos Sólidos” (2016), en el Artículo 2 menciona que la gestión de residuos contribuye con la minimización y prevención de posibles impactos ambientales, del mismo modo señala que la valorización energética y material de los residuos, y la recuperación, entre los cuales se encuentran el reciclaje, la reutilización, el coprocesamiento, el compostaje, etc., contribuyen con la economía.

De igual manera, La Ley N° 30884 “Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables” (2018), en los Artículos 2 y 3 señala que todos los establecimientos comerciales, supermercados u otros establecimientos deben de reemplazar las bolsas de base polimétrica de manera progresiva por bolsas que puedan ser reutilizadas y cuya degradación no genere impactos ambientales, asimismo, indica la prohibición de uso de plástico de un solo uso y de recipientes o envases descartables.

Es por ello, que el presente trabajo de investigación titulado “Efecto del almidón de residuos de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales, en la producción de bioplástico”, se justifica porque permitirá dar un enfoque nuevo y alternativo frente a la problemática de la ineficiente gestión de los residuos orgánicos e inorgánicos, siguiendo a su vez los principios de las leyes anteriormente mencionadas, asimismo los materiales plásticos derivados del petróleo podrán ser sustituidos por materiales biodegradables, como es el caso del aprovechamiento de las cascara de *Manihot esculenta* (yuca amarilla) y *Musa paradisiaca* (plátano verde) para la producción de bioplástico.

El bioplástico sustituirá al plástico convencional derivado del petróleo que tarda muchos años en degradarse a diferencia de este, pues su tiempo de degradación no es mayor a un año, además es amigable con el medio ambiente, cumpliendo a la vez con el Art. 11 de La Ley N° 30884, por otro lado, el costo de producción de bioplástico es relativamente menor a diferencia de la producción de plásticos convencionales, debido a que la principal materia prima son los residuos con alto porcentaje de almidón, por lo que se convierte en una alternativa sostenible en todos los ámbitos, social, económico y ambiental.

Por consiguiente, la presente investigación tiene como objetivo general “determinar el efecto del almidón de residuos de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales, en la producción de bioplástico”. Asimismo, se plantea como objetivos específicos:

- Obtener almidón de los residuos de *Manihot esculenta* (yuca amarilla) y *Musa paradisiaca* (plátano verde).
- Caracterizar las propiedades físico-mecánicas (espesor, ensayo de tracción, porcentaje de elongación y humedad) de películas de bioplástico, producidas a diferentes concentraciones de aditivo natural y tipo de almidón.
- Comparar las características físico-mecánicas que presentan las películas de bioplástico respecto a la norma ASTM D882 (plásticos<1mm).
- Seleccionar las concentraciones de aditivos naturales y tipo de almidón indicadas para la producción de películas de bioplástico.
- Realizar ensayos de biodegradación a las películas de bioplástico de las concentraciones seleccionadas, según la metodología establecida por la Normativa NTE INEN 2644:2013.
- Analizar los parámetros del agua del río Moche “cuenca baja” (nivel de pH y conductividad eléctrica uS/cm) durante la inmersión de las películas de bioplástico.

En base a la información consultada, donde se realizan múltiples pruebas logrando la producción de bioplásticos con diferentes propiedades físico-mecánicas, la presente investigación plantea que “el almidón de cascara de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales presentan efecto en la producción de bioplásticos”.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación:

2.1.1. Tipo de investigación:

“Según su finalidad, la presente investigación es de tipo aplicada, debido a que toma los conocimientos de la investigación básica para ser aprovechados, además es denominada práctica o empírica, es decir, está basado en la experiencia y la observación de los acontecimientos” (Zumarán et al., 2017, p. 46).

“Por otro lado, según el alcance que puede tener el proceso de investigación cuantitativa, se cataloga como una investigación de alcance explicativo, ya que va más allá de la correlación entre variables o de la descripción de diferentes fenómenos, es decir, se basa principalmente en explicar por qué razón acontece un fenómeno y en qué condiciones se presenta o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 95).

2.1.2. Diseño de investigación:

El diseño que sigue la presente investigación es “experimental puro”, a causa de que se pueden manipular una o más variables independientes para ver su resultado en la o las variables dependientes, del mismo modo se puede utilizar pre-pruebas o post-pruebas de ensayo, la primera no es obligatoria, mientras que la pos-prueba sí resulta (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 141).

Tabla 1. *Diseño experimental de la investigación.*

Tipo de almidón de residuo	Concentración de aditivos naturales (ácido-glicerol)				
	5ml-5ml	7ml-3ml	3ml-7ml	4ml-6ml	6ml-4ml
Yuca (Y)	Y-C1	Y-C2	Y-C3	Y-C4	Y-C5
Plátano (P)	P-C1	P-C2	P-C3	P-C4	P-C5
Yuca + Plátano (YP)	YP-C1	YP-C2	YP-C3	YP-C4	YP-C5

Fuente: Elaboración propia.

2.1.3. Operacionalización de variables:

Tabla 2. Variables y su operacionalización.

	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente	Tipo de almidón de residuos orgánicos	El almidón esta principalmente conformado por dos polisacáridos estructurados, la amilopectina (componente ramificado) y la amilasa (estructura lineal), lo cual lo hace una estructura compleja (Agama, 2015).	La extracción de almidón se realizará de las cascaras de plátano y yuca, mediante un proceso de trituración, para posteriormente realizar el lavado, la decantación y secado, obteniendo como producto final almidón en polvo.	- <i>Manihot esculenta</i> - <i>Musa paradisiaca</i>	Gramos (g)	Intervalo
	Concentración de aditivos naturales	Uno de los más conocidos es el glicerol, es considerado un líquido viscoso, incoloro, higroscópico, altamente soluble en el agua y es muy empleado en la producción de bioplástico, al igual que el ácido acético, ya que mejoran las propiedades de estos materiales (Mariano, López y Domínguez, 2015).	Los aditivos naturales serán empleados para mejorar las propiedades físico-mecánicas de las películas de bioplástico, por lo que se usarán dos aditivos naturales, el glicerol y el ácido acético, ambos de origen vegetal.	Relación (ácido-glicerol): C1: 5ml-5ml C2: 7ml-3ml C3: 3ml-7ml C4: 4ml-6ml C5: 6ml-4ml	V/V (ml/ml)	Razón
Dependiente	Producción de bioplástico	Son materiales con características y propiedades equivalentes a los plásticos convencionales, y se produce a partir de materia prima de vegetales como es el caso de la yuca, papa, plátano, etc., (Mondino, 2017)	Los bioplásticos son elaborados a partir de la mezcla de almidón y aditivos naturales (glicerina y ácido acético), obteniendo propiedades físico-mecánicas similares a la de los plásticos convencional.	Propiedades físico – mecánicas: - Elongación - Ensayo de Tracción - Humedad - Grosor	(%) (MPa) (%) (mm)	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Población, muestra y muestreo:

Población: Residuos orgánicos que se generan en el Mercado Zonal Palermo por día (20 toneladas/día aproximadamente).

Muestra: 4 kg de residuos de *Manihot esculenta* (yuca amarilla) y de *Musa paradisiaca* (plátano verde).

Unidad de análisis: Cada kilogramo de residuos de *Manihot esculenta* (yuca amarilla) y de *Musa paradisiaca* (plátano verde).

Muestreo: Debido a que la presente investigación presenta una muestra de carácter “no probabilístico”, se empleará el muestreo “intencional: caso típico”, es decir, el investigador selecciona a los sujetos que son más apropiados para el estudio, es por ello, que se tomará como único punto de muestreo al “contenedor de residuos” ubicado en la Av. Los Incas, en el frontis de la puerta 03 del Mercado Zonal Palermo, de donde se tomarán los residuos de *Manihot esculenta* y *Musa paradisiaca* (Kinnaer y Taylor, 1998, p. 406).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:

La técnica utilizada será la observación experimental, debido a que se manipula la o las variables para comprobar la hipótesis. Se experimentará con 15 tratamientos, compuestos de diferentes tipos de almidón y diferentes concentraciones de glicerina y ácido acético, obteniendo así las películas de bioplástico, las cuales pasarán por un proceso de evaluación, donde se determinará sus propiedades físico-mecánicas mediante un equipo llamado texturoméetro, de igual manera, se medirá el nivel de biodegradación según la metodología establecida por la norma NTE INEN 2644:2013, asimismo se evaluará el nivel de influencia de las películas de bioplástico en el recurso hídrico “rio Moche”.

Los instrumentos que se emplearán para la recolección de datos son “fichas de registro de datos”. La producción y las diferentes pruebas que se realizarán a las películas de bioplástico, al igual que los instrumentos (ficha de registro de datos) están debidamente validados por especialistas en la materia, de igual manera los equipos y materiales empleados en las diferentes marchas analíticas están correctamente acreditados por INACAL.

2.4. Procedimiento:

Primero, se realizó la recolección de la muestra: 4 kg de residuos de *Manihot esculenta* (yuca amarilla) y *Musa paradisiaca* (plátano verde), de los puntos establecidos previamente, en seguida se realizó el traslado hacia el laboratorio de química de la Universidad César Vallejo para su análisis correspondiente.

Segundo, se llevó a cabo el proceso de obtención del almidón de residuos de *Manihot esculenta* y *Musa paradisiaca*, en el caso de los residuos de *Manihot esculenta* (yuca) Trujillo, (2014), establece la metodología que consta básicamente en triturar la materia prima y llevarlo a un proceso de decantación, para luego someterlo a un proceso de secado (Figura 12). Por otro lado, Piza et al. (2018), establece que la obtención del almidón de cascaras de *Musa paradisiaca* (plátano verde) se realiza mediante un proceso de hidrólisis ácida (Figura 11).

Tercero, se realizaron los ensayos de los 15 tratamientos de acuerdo a lo establecido en el diseño experimental (Tabla 8), donde se realizó las diferentes pruebas de acuerdo a la concentración de aditivos naturales y tipo de almidón de residuos, posteriormente se ejecutó las mediciones de las propiedades físico-mecánicas de cada una de las películas de bioplástico obtenido, para ello se empleó el equipo denominado texturómetro, donde se realizará el ensayo de tracción y la medición del % de elongación, de igual manera, siguiendo la metodología establecida por la Universidad Zaragoza se realizó el ensayo determinación del % de humedad de las películas de bioplástico; esto a fin de ver si presentan características similares con los plásticos convencionales (películas finas; grosor < 1 mm), establecido por la norma ASTM D882 del año 2018.

Cuarto, se realizó las pruebas de biodegradación de las películas de bioplástico mediante la prueba de biodegradación a condiciones ambientales según la normativa NTE INEN 2644:2013 (Figura 14); del mismo modo, se evaluó el nivel de influencia de las películas de bioplástico en el agua del río Moche de la cuenca baja (pH y C.E.), siendo el propósito principal el evaluar la influencia de las películas de bioplástico en el medio ambiente.

2.5. Método de análisis de datos:

Se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos de las mediciones de las propiedades físico-mecánicas de los diferentes tratamientos de las películas de bioplásticos, a fin de determinar cuál de las películas de bioplástico presenta las mejores condiciones de acuerdo a la norma ASTM D882.

Del mismo modo, se analizó los métodos de biodegradación según la metodología establecida la Normativa NTE INEN 2644:2013, por otro lado, se analizó la influencia de las películas de bioplástico en la calidad de agua del río Moche “cuenca baja”, cuyo fin es evaluar si las películas de bioplástico son amigables con el medio ambiente y no generan alteraciones hídricas.

Por otra parte, también se realizó el análisis mediante el programa computacional SPSS, empleando las siguientes pruebas, paramétricas: prueba de normalidad, homogeneidad de varianza, ANOVA (inter-sujetos) y la prueba Post Hoc; por otro lado, en las pruebas no paramétricas: prueba de rangos, Kruskal Wallis y la prueba de Mann-Whitney.

2.6. Aspectos éticos:

El presente trabajo de investigación se realizó teniendo en cuenta los valores morales y éticos del investigador, el cual dará a conocer la información real y verídica, manteniendo la veracidad de los resultados real sin ser alterados.

III. RESULTADOS

3.1. Almidón obtenido por cada 1000 g de residuos de *Musa Paradisiaca* (plátano verde), y *Manihot Esculenta* (yuca de la variedad amarilla):

Tabla 3: Obtención de materia prima principal y su relación con el factor ambiental (E-Factor).

Tipo de almidón	Obtención de almidón de residuos			
	Materia prima ³ (g)	Polvo de almidón (g)	Residuo generado (g)	E-Factor (g)
<i>Manihot Esculenta</i> ¹	66.1174	58.0217	8.0957	0.1395
<i>Musa Paradisiaca</i> ²	34.5749	20.5803	13.9946	0.6799

¹Plátano verde ; ²Yuca variedad amarilla; ³Por Tratar (inicial)

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la *Tabla 3*, se obtuvo mayor cantidad de polvo de almidón de residuos orgánicos de *Manihot Esculenta*, siendo 37.4414 g más que de residuos de *Musa Paradisiaca*, asimismo el E-Factor es de 0.1395 g a diferencia de residuos de *Musa Paradisiaca*, que presenta un E-Factor de 0.6799 g, y de producir ambos residuos es 0.2810 g, siendo el primero y el último los más amigable con el medio ambiente.

3.2. Caracterización de las propiedades físico-mecánicas: ensayo de tracción (MPa), elongación (%) y humedad (%) de las películas de bioplástico:

Tabla 4: Ensayo de tracción (MPa) de las películas de bioplástico.

Parámetro	Concentración de aditivo (A-G)*	Tipo de almidón de residuos		
		Y*	P*	YP*
Ensayo de tracción (Mpa)	C1 (5ml - 5ml)	06.42	14.85	10.64
	C2 (7ml - 3ml)	20.27	18.66	19.46
	C3 (3ml - 7ml)	01.66	02.41	02.03
	C4 (4ml - 6ml)	05.90	02.74	04.32
	C5 (6ml - 4ml)	11.73	07.26	09.49

*(A-G): Relación ácido – glicerol.

*Y: Almidón de residuos de *Manihot Esculenta* (yuca) al 100 %.

*P: Almidón de residuos de *Musa Paradisiaca* (plátano verde) al 100 %.

*PY: Almidón de residuos de *Musa Paradisiaca* (50%) y *Manihot Esculenta* (50%).

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla 4*, se aprecian los resultados del ensayo de tracción (MPa), se obtuvo la mejor prueba con el almidón de yuca 20.27 MPa; en el caso de del almidón de plátano 18.66 MPa; por otro lado, se alcanzó 19.46 MPa en la película compuesta por la mezcla de ambos almidones; estos ensayos corresponden a la concentración “C2”.

Tabla 5: Ensayo de elongación (%) de las películas de bioplástico.

Parámetro	Concentración de aditivo (A-G)*	Tipo de almidón de residuos		
		Y*	P*	YP*
Elongación (%)	C1 (5ml - 5ml)	28.37	9.75	21.60
	C2 (7ml - 3ml)	28.06	11.20	20.82
	C3 (3ml - 7ml)	16.54	8.45	14.88
	C4 (4ml - 6ml)	16.15	5.40	15.19
	C5 (6ml - 4ml)	18.64	11.77	20.91

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5, se observan los resultados de las pruebas de elongación aplicadas a las películas de bioplástico de 2.5 x 6 cm, donde se obtuvo que los mejores porcentajes de elongación son de 28.37%, 21.60% y 11.77%, los cuales corresponden al almidón de residuos de yuca, plátano y la mezcla (50%-50%) de ambos respectivamente, es decir es la ampliación de la longitud que experimentan las películas respecto a su longitud inicial (6 cm) al ser sometidas a la prueba de tracción.

Los dos primeros tratamientos corresponden a una concentración de aditivos naturales de 5ml - 5ml (A-G), mientras que el tercero una concentración de 7ml - 3ml (A-G).

Tabla 6: Ensayo de humedad (%) de las películas de bioplástico.

Parámetro	Concentración de aditivo (A-G)*	Tipo de almidón de residuos		
		Y*	P*	YP*
Humedad (%)	C1 (5ml - 5ml)	12.74	10.00	16.37
	C2 (7ml - 3ml)	15.02	21.00	13.00
	C3 (3ml - 7ml)	15.70	17.79	12.80
	C4 (4ml - 6ml)	15.33	16.96	14.00
	C5 (6ml - 4ml)	14.46	18.56	14.47

Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado en la Tabla 6, los resultados del ensayo de humedad (%) de las películas de bioplástico (10 g), donde se obtuvo un 12.74 % y 10.00% de humedad para los tratamientos de yuca y plátano respectivamente, estos corresponden a una concentración de aditivos de 5ml-5ml (A-G), del mismo modo se obtuvo un 12.80 % de humedad para el tratamiento de yuca-plátano que corresponde a 3ml-7ml (A-G); siendo estos tratamientos los que menos presentan humedad.

3.3. Comparación de resultados obtenidos del ensayo de tracción (MPa) y elongación (%) con la norma para plásticos ASTM D882 (películas delgadas <1 mm):

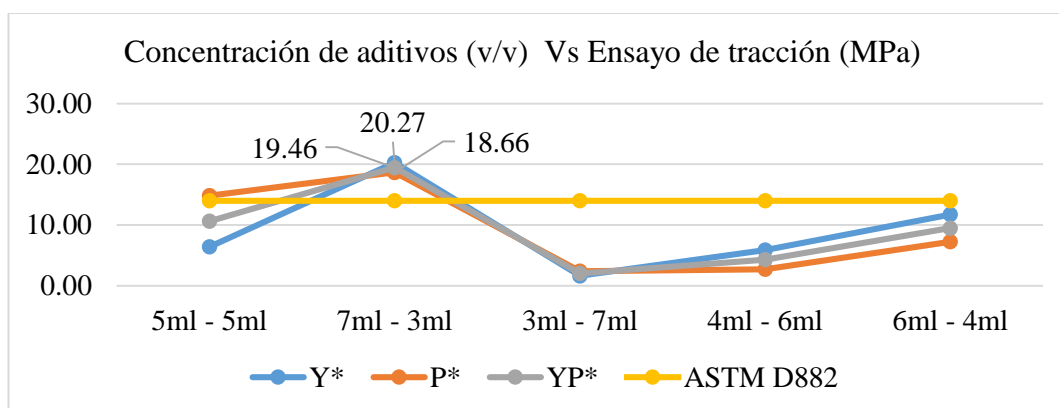


Figura 1. Comparación de los resultados de tracción (MPa) con la norma ASTM D882.

Como se puede ver en la *Figura 1*, los tratamientos del ensayo 02 (7ml ácido acético - 3ml glicerol) y el almidón de residuos de yuca, plátano y la mezcla de ambos sobrepasan lo establecido por la norma ASTM D882 14 MPa (aprox.), para películas de plástico de un grosor menor a 1 mm, obteniendo hasta un 20.27 Mpa con el almidón de yuca.

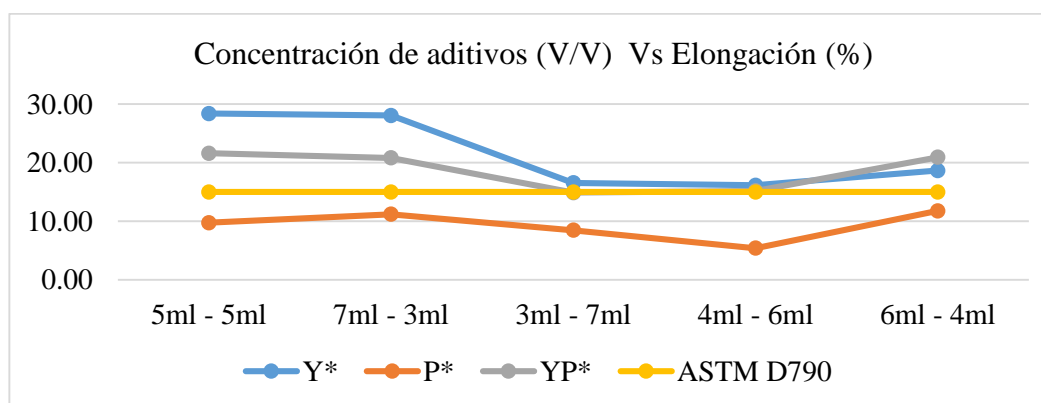


Figura 2. Comparación de los resultados de elongación (%) con la norma ASTM D882.

Como se aprecia en la *Figura 2*, los tratamientos a base de almidón de yuca y la mezcla de yuca-plátano (50%-50%) sobrepasan el 15% (aprox.) de elongación establecido en la normativa ASTM D882 para películas de plástico de un grosor menor a 1 mm, por otra parte, los tratamientos a base de almidón de residuos de plátano ninguna sobrepasa el umbral presentado por dicha normativa.

Asimismo, el mejor tratamiento obtuvo un 28.37% de elongación, este corresponde al ensayo 01 (5ml de ácido acético vegetal – 5ml de glicerol vegetal).

3.4. Selección de las concentraciones de aditivos naturales y tipo de almidón indicado para la producción de películas de bioplástico:

Tabla 7: Prueba de POST-HOC, para el tipo de almidón.

ELONGACIÓN (%)				
Estadístico	Tipo de almidón	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey	R. plátano (100%)	15	9,314000	
	R. yuca (100%)	15		18,678667
	R. de yuca y plátano (50-50 %)	15		21,553333
	Sig.		1,000	,282

Fuente: Elaboración propia.

Como se indica en la Tabla 7, de Sub conjuntos homogéneos HSD Tukey existe la formación de dos sub conjuntos diferenciados, el sub conjunto uno que agrupa a residuos de plátano con un valor porcentual de elongación de 9.314; y el sub conjunto dos que agrupa a los residuos de yuca y plátano-yuca con valores porcentuales de 18.6787 y 21.5533 respectivamente. Los resultados sugieren que los tratamientos de PY y Y son los que presentan mejor % de elongación, a su vez que estos tratamientos son similares en cuanto al parámetro evaluado.

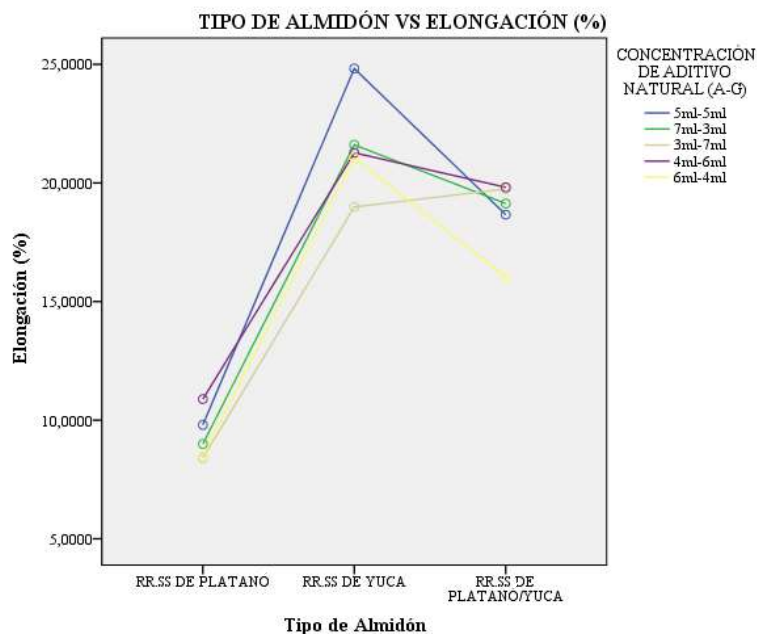


Figura 3. Gráfico de perfiles de interacción entre variables.

Según la Figura 3, nos muestra que el mayor % de Elongación se obtuvo, empleando el tipo de almidón de yuca con la concentración de 5ml y 7 ml de Ácido Acético y 5 ml y 3ml de Glicerina vegetal en cuanto a aditivos naturales.

3.5. Ensayos de biodegradación de bioplástico a condiciones ambientales según lo establecido en la Normativa NTE INEN 2644:2013 (6 semanas):

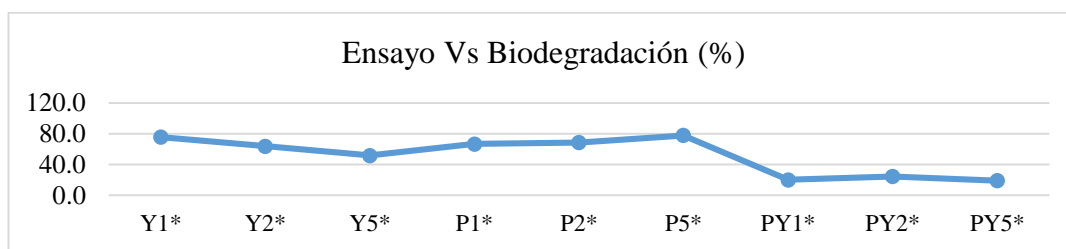


Figura 4. Biodegradación de las películas de bioplástico, en 6 semanas.

Como se muestra en la *Figura 4*, las películas de bioplástico de almidón de yuca y plátano se biodegradan más rápido a diferencia de las películas compuestas por la mezcla de estos, obteniéndose la máxima biodegradación de 77.6 % en el ensayo P5.

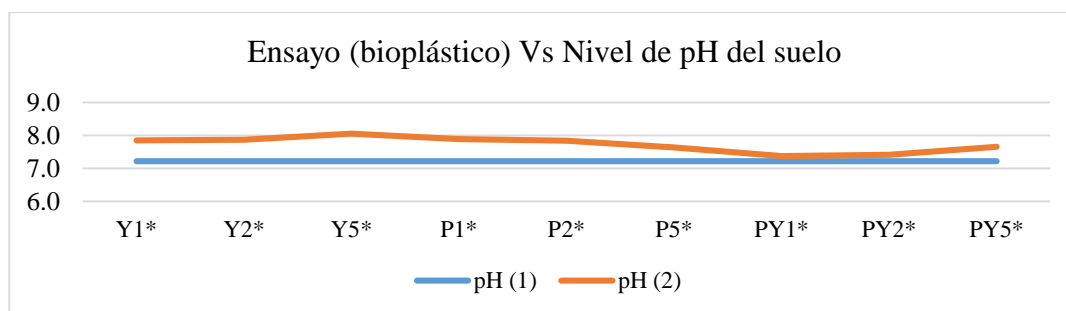


Figura 5. Comportamiento del pH del suelo tras la exposición de bioplástico.

Como se puede evaluar en la *Figura 5*, las películas de bioplástico modifican el nivel de pH del suelo, convirtiéndolo en un pH ligeramente alcalino, siendo 8.1 el pH máximo, este corresponde al tratamiento Y5, mientras que 7.2 es el pH mínimo (pH inicial).

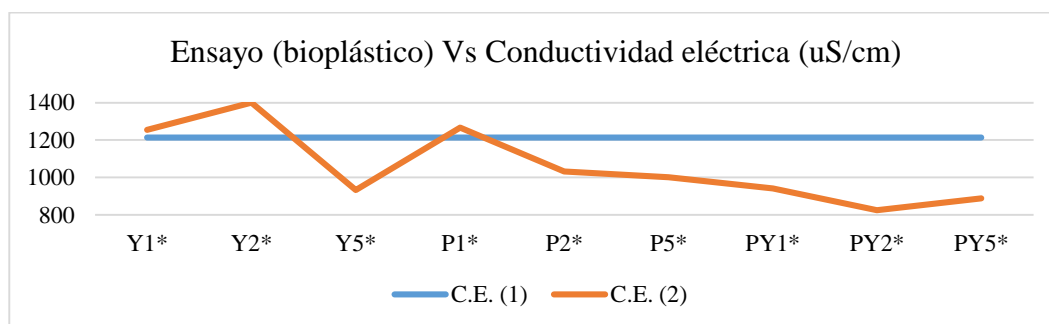


Figura 6. Comportamiento de la C.E. del suelo tras la exposición de bioplástico.

Como se señala en la *Figura 8*, las películas de bioplástico varían el nivel de C.E inicial del suelo, encontrándose una C.E. máxima de 1400 uS/cm en el tratamiento Y2, por otro lado, la C.E. mínima fue de 825 uS/cm en el ensayo PY2.

3.6. Análisis de los parámetros de agua del río Moche: pH y conductividad eléctrica (Us/cm), durante la inmersión de las películas de bioplástico (6 semanas):

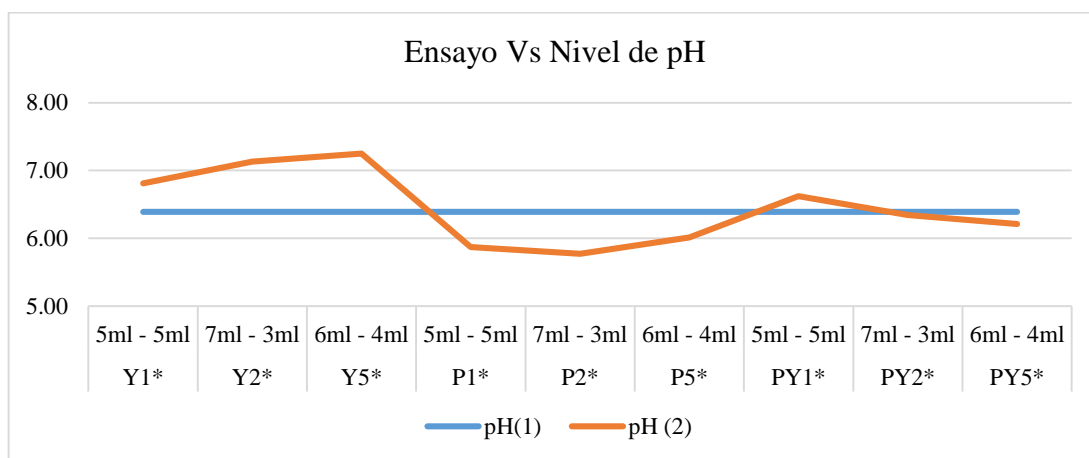


Figura 7. Análisis del pH durante la inmersión de bioplástico en el agua del río Moche.

En la Figura 7, se aprecia que las películas de bioplástico modifican el nivel de pH de agua del río Moche, siendo 7.25 el pH máximo, mientras que el mínimo es igual a 5.77, el segundo no cumple con lo establecido D.S. N° 004-2017-MINAM-ECA agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales establece que el pH debe de oscilar entre 6.5-8.5.

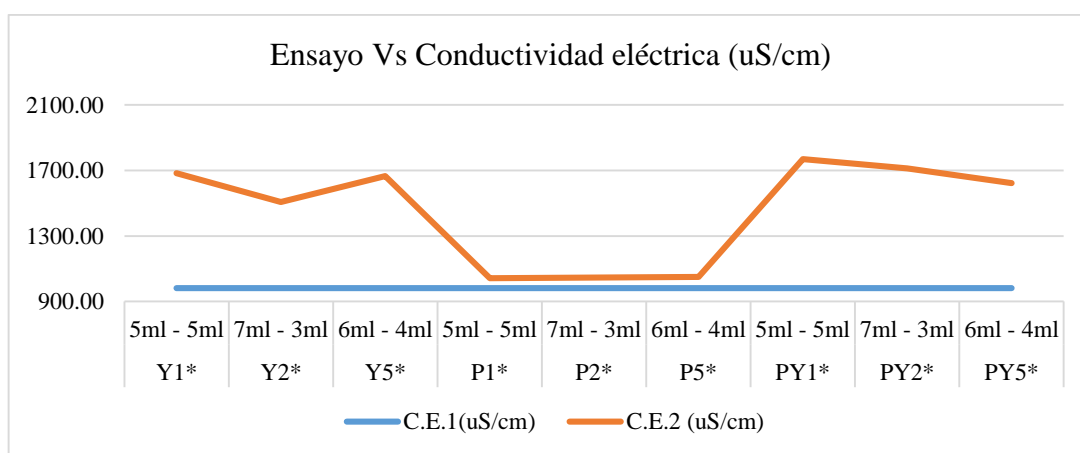


Figura 8. Análisis de la C.E. durante la inmersión de bioplástico en el agua del río Moche.

Como se indica en la Figura 8, las películas de bioplástico varían el nivel de C.E. de agua del río Moche, siendo 1770 uS/cm la C.E. máxima, mientras que la mínima es la inicial de 981uS/cm, cumpliendo con lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM-ECA agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, donde establece que la C.E debe ser 2500 uS/cm.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Almidón obtenido por cada 1000 g de residuos de *Musa Paradisiaca* (plátano verde), y *Manihot Esculenta* (yuca de la variedad amarilla):

En la Tabla 3, se indica que, del residuo de *Manihot Esculenta* se obtiene mayor cantidad de almidón a diferencia de residuos de *Musa Paradisiaca*, la cantidad de almidón que se obtiene depende del tipo de residuo o producto, por lo general los residuos que presenta mayor porcentaje de almidón son de los tubérculos, tal es el caso de la yuca, a diferencia de algunas frutas como el plátano, quienes tienen menor porcentaje. Según Khoozani, Bekhlt y Birch, (2019), los residuos de plátanos están compuestos principalmente por cantidades de compuestos bioactivos, minerales y fibra dietética.

Además, los resultados obtenidos al ser contrastados con lo obtenido por Sánchez et al. (2017), quien señala que “durante el procesamiento del almidón de las raíces de *Manihot esculenta* se genera bagazo (residuo) que contiene entre un 30-50 % aproximadamente de almidón”, dichos resultados corroboran lo obtenido en los ensayos.

Por otro lado, el E-Factor del almidón de *Manihot Esculenta* es de 0.1395 g, indicando que por cada gramo de producto principal “polvo de almidón” se produce 0.1395 g de residuo, mientras que, en el almidón de *Musa Paradisiaca* el E-Factor es de 0.6799 g, es decir, por cada gramo de producto principal se produce 0.6799 g de residuo; y al emplear ambos residuos el valor fue 0.2810 g “siendo el primero y el último los más amigable con el medio ambiente, debido a que el E-Factor cuando es más cercano a cero el proceso es más limpio, y el impacto ambiental no es significativo” (Serrano, 2009).

4.2. Caracterización de las propiedades físico-mecánicas: ensayo de tracción (MPa), elongación (%) y humedad (%) de las películas de bioplástico:

En la Tabla 4, se muestra los mejores resultados respecto al ensayo de tracción, con el almidón de yuca se obtuvo una resistencia de 20.27 MPa, dichos ensayos corresponden a la formulación “C2”. En la Tabla 5, los mejores resultados de elongación fueron de 28.37%, 21.60% y 11.77%, estos corresponden al almidón de residuos de yuca, plátano y la mezcla de ambos (50%-50%) respectivamente. Del mismo modo, en la Tabla 6, se observa los resultados del ensayo de humedad (%), empleando como muestra 10 g aprox. donde se obtuvo un 12.74 y 10.00 de porcentaje de humedad para los tratamientos de yuca y plátano respectivamente.

De los resultados mostrados líneas antes, estos presentan mejores características en cuanto a la tensión de fractura, a diferencia de la investigación realizada por Trujillo (2014), “obtención de películas biodegradables de almidón de yuca doblemente modificado para uso en empaque de alimentos”, donde se obtuvo que el tratamiento 19: almidón: 2 g, agua: 90 g, glicerol: 1 g, proteína: 0.2 g., presenta mejores características: humedad: 18.84%, tensión en la ruptura: 5.22 MPa, elasticidad: 19.10 %; esto debido a que en dicha investigación no se empleó el aditivo ácido acético, el cual mejora significativamente la característica en mención, por otra parte, las propiedades de estos materiales están condicionados por la formulación de los ensayos, en cuanto a las demás propiedades los resultados son próximos.

Por otra parte, en la investigación de Vicente (2018), “aprovechamiento de la cáscara residual de la *Musa Balbisina* para la obtención de bioplástico,” se obtuvo que la muestra N° 02 fue la mejor, compuesta por, (10 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 5 ml de glicerina y 50 ml de agua destilada), del mismo modo, se determinó que la fuerza de resistencia de tracción es de: 33.23 N/m², fuerza de elongación: 38.62%, estas características son semejantes a los resultados obtenidos en la presente investigación, debido a que las cantidades empleadas para la producción de la película son cercanas, sin embargo, la metodología es diferente. Por otro lado, los resultados obtenidos, fueron influenciados por el tipo y porcentaje de pureza del almidón, la cantidad de aditivos y fibras empleadas en la producción de bioplástico, ya que estos son condicionantes en las propiedades físico-mecánicas.

4.3. Comparación de resultados obtenidos del ensayo de tracción (MPa) y elongación (%) con la norma para plásticos ASTM D882 (películas delgadas <1 mm):

Según la ASTM D882 (2018), establece que las películas delgadas menores a 01 mm deben sobrepasar los 14 MPa (aprox.) de resistencia a la tracción y 15% (aprox.) de elongación, por lo que en la Figura 2, los tratamientos del ensayo 02 los cuales están compuestos por 7ml ácido acético-3ml glicerol más el almidón de residuos de yuca, plátano y la mezcla de ambos sobrepasan lo establecido por la norma ASTM D882, obteniendo hasta un 20.27 MPa con el almidón de yuca, esto debido a que dicha concentración emplea la mayor cantidad de ácido por lo que el nivel de polimerización del almidón es más alto, por ende la resistencia a la tracción es mucho mejor.

Asimismo, en la Figura 4, los tratamientos a base de almidón de yuca y la mezcla de yuca-plátano (50%-50%) sobrepasan el 15% de elongación establecido en dicha normativa ASTM D882, por otra parte, los tratamientos a base de almidón de residuos de plátano ninguno sobrepasa el umbral presentado por dicha normativa.

El mejor tratamiento obtuvo un 28.37% de elongación, este corresponde al ensayo 01 (5ml de ácido acético vegetal – 5ml de glicerol vegetal).

Además, cuan mayor sea el porcentaje de alargamiento de la película mayor será su medida de ductilidad, por ende, la capacidad para conducir corriente eléctrica será favorable, al igual que otros parámetros como la maleabilidad, dureza, etc.

Asimismo, de acuerdo a la norma las películas de bioplástico con las mejores características pueden ser empleadas para producir materiales como bolsas de bioplástico, revestimiento de alimentos, etc.

4.4. Selección de las concentraciones de aditivos naturales y tipo de almidón indicado para la producción de películas de bioplástico:

En la Tabla 7, de Sub conjuntos homogéneos HSD Tukey se obtuvo que los tratamientos de YP y Y son los que presentan mejor % de elongación, a su vez que estos tratamientos son similares en cuanto al parámetro evaluado a diferencia del subconjunto que agrupa a las películas de bioplástico a base de almidón residual de plátano.

Por otro lado, la Figura 5, muestra que el mayor % de elongación se obtuvo, empleando el tipo de almidón de residuos de yuca con las concentraciones de 5ml y 7 ml de Ácido Acético; mas 5 ml y 3ml de Glicerina vegetal. Del mismo modo, la mejor película de bioplástico fue la formulada a base de almidón de yuca mostro una resistencia de 20.27 MPa con una concentración de aditivos naturales de 7 ml-3ml (A-G)

Resultados que son corroborados por Piza et al. (2017), quien “elaborando bioplástico a partir de la cascara de plátano”, obtuvo que el segundo tratamiento fue el mejor (polvo de almidón: 10 g, agua destilada: 60 ml, glicerina: 5 ml, ácido acético: 5 ml), concluyendo que este tiene una textura lisa con menor cantidad de grumos. A su vez, este presentó la mayor resistencia de atracción; estas concentraciones de los elementos de la mezcla son semejantes a las empleadas en la presente investigación, por ende, los resultados son similares.

4.5. Ensayos de biodegradación de bioplástico a condiciones ambientales según lo establecido en la Normativa NTE INEN 2644:2013 (6 semanas):

Como muestra la Figura 6, se obtuvo que las películas de bioplástico de almidón de yuca y plátano se biodegradan más rápido a diferencia de las películas compuestas por la mezcla de estos, obteniéndose la máxima biodegradación de 77.6 % en el ensayo Y1. El porcentaje de biodegradación depende de tres factores, las condiciones ambientales y de la composición de la película de bioplástico, ya que se deben de considerar las propiedades de los almidones y otros aditivos, ya que pueden afectar la funcionalidad de este material. (Bustollos et al., 2019, p. 149)

Por otra parte, en la Figura 7, se obtuvo que las películas de bioplástico no varían significativamente el nivel de pH suelo, sin embargo, tiende a convertirlo a un pH ligeramente alcalino. En la Figura 8, se muestra que las películas de bioplástico no modifican significativamente la conductividad eléctrica inicial del suelo, es decir las películas de bioplástico no generan impactos significativos en cuanto al parámetro de C.E., es así, que Arboleda y Montilla (2017), señala que “los bioplásticos por lo general son compostables y biodegradables, por lo que son considerados amigables con el medio ambiente”, así también, la variación del pH y C.E. incrementan, esto debido a que las películas de bioplástico tienen un gran potencial de transmisores de corriente eléctrica.

4.6. Análisis de los parámetros de agua del río Moche: pH y conductividad eléctrica (Us/cm), durante la inmersión de las películas de bioplástico (6 semanas):

La Figura 9, muestra los resultados de la inmersión de películas de bioplástico en el agua del río Moche, obteniéndose como pH máximo 7.25, mientras que el mínimo es igual a 5.77, el segundo no cumple con lo establecido D.S. N° 004-2017-MINAM-ECA agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, donde se establece que el pH debe de oscilar entre 6.5-8.5, esto debido a que el resultado corresponde a la concentración donde se emplea la mayor cantidad de ácido acético (7ml).

Asimismo, en la Figura 10, se obtuvo que las películas de bioplástico no varían significativamente en el nivel de C.E., siendo 1770 uS/cm la C.E. máxima, mientras que la mínima es la obtenida del análisis inicial de agua del río Moche siendo igual a 981uS/cm, cumpliendo así con la normativa (2500 uS/cm), por lo que se puede inferir que dichas películas no presentan impactos ambientales significativos.

V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo 58.0217 g y 20.5803 g de almidón *Manihot Esculenta* y *Musa Paradisiaca* respectivamente, por cada 1000 g de residuo. Asimismo, el E-Factor del almidón de *yuca* es 0.1395g, de *plátano* 0.6799 g, y de ambos residuos es de 0.2810 g, siendo el primero y el último los más amigables con el medio ambiente.
- Las películas de bioplástico presentan una resistencia a la tracción en el caso del almidón de *yuca*: 20.27 MPa (C2); *plátano* 18.66 MPa (C2); y con la mezcla de estos 19.46 MPa (C2); para el porcentaje de elongación el almidón de *yuca*: 28.37 % (C1) y 28.06% (C2); *plátano* 11.77 % (C5); y la combinación de ambos 21.60 % (C1), 20.91% (C5) y 20.82% (C2); finalmente, para la humedad (%), el almidón de *yuca*: 12.74 % (C1), *plátano* 10.00 % (C1); y composición de ambos 12.80 % (C2); siendo estas las mejores ensayos.
- De la comparación de resultados obtenidos del ensayo de tracción (MPa) y elongación (%) con la norma para plásticos ASTM D882 (películas delgadas <1 mm) se obtuvo que los tratamientos del ensayo C2 de los almidones de residuos de *yuca*, *plátano* y la mezcla de ambos sobrepasan lo establecido por la norma, asimismo, los tratamientos a base de almidón de *yuca* y la mezcla de *yuca-plátano* (50%-50%) sobrepasan el umbral establecido en la normativa.
- Según la prueba estadística de Tukey, señala que los almidones de YP (*yuca-plátano*) y Y(*yuca*) son los que presentan mejores resultados; por otro lado, las concentraciones ideales son 5ml y 7 ml de ácido acético; mas 5 ml y 3ml de Glicerina vegetal.
- Según la prueba de biodegradación establecida por la Normativa NTE INEN 2644:2013; se obtuvo que al cabo de 6 semanas las películas de bioplástico de almidón de *yuca* y *plátano* se biodegradan más rápido a diferencia de las películas compuestas por la mezcla de estos, obteniéndose la máxima biodegradación de 75.8%. Por otra parte, se obtuvo que las películas de bioplástico no influyen de manera significativa en el nivel de pH del suelo, sin embargo, influyen ligeramente en la conductividad eléctrica inicial del suelo.
- Se obtuvo que las películas de bioplástico influyen en el nivel de pH de agua del río Moche, siendo 7.25 el pH máximo, mientras que el mínimo es igual a 5.77, por otro lado, no influyen significativamente en el nivel de C.E. siendo 1770 uS/cm la C.E. máxima, mientras que la mínima es igual a 981uS/cm, cumpliendo así con la normativa.

VI. RECOMENDACIONES

- Al momento de traer la muestra (residuos de plátano y yuca) se deben tomar ciertas consideraciones, como en el caso de los residuos de plátano que se tienen que trasladar en una solución ácida al 5% aprox., a fin de evitar la oxidación de la cascara.
- En el proceso de obtención de almidón residual, se debe de tomar en cuenta el tiempo de reposo del filtrado, puesto que puede fermentarse y más aún si las temperaturas son cálidas, por lo que se recomienda trabajar en periodos de 6 a 8 horas.
- Secar bien el polvo de almidón residual, debido a que si presenta humedad el crecimiento microbiano se acelera, por ende, la materia prima ya no puede ser empleada en el proceso; asimismo realizar la caracterización del almidón a fin de saber la cantidad de amilasa y amilopectina, estos datos ayudarán a establecer la concentración ideal de ácido acético.
- Realizar pruebas a priori a fin de delimitar las condiciones ideales para la producción de bioplástico, como es el caso del tiempo, a temperatura, cantidad de aditivos, etc.
- Durante el proceso de producción de las películas de bioplástico se debe tomar en cuenta la temperatura, ya que es un factor primordial dentro del sistema, más aún en la etapa de vaciado de la mezcla de bioplástico en placa Petri, ya que el traslado a la estufa para el respectivo secado debe de ser inmediato, puesto que el cambio brusco de temperatura altera las propiedades físico-mecánicas.
- Realizar la caracterización completa de las películas de bioplástico.
- Al realizar las pruebas de biodegradación a las películas de bioplástico, se deben de tomar en cuenta principalmente las condiciones meteorológicas, caracterización del suelo (físico, químico y microbiológico) en el caso de emplear el método de biodegradación a condiciones ambientales, por otro lado, se pueden emplear métodos como la biodegradación con microorganismos.

VII. PROPUESTA

- Realizar pruebas a gran escala, es decir empezar a generar una línea de productos, como bolsas biodegradables, empaques para revestimiento de alimentos, etc.

REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

- AGAMA, Acevedo. PEREZ, Bello. VARGAS, Pacheco. [et al]. Estructura interna de los gránulos de almidón de plátano mediante gelatinización química superficial: propiedades, morfológicas, fisicoquímicas y moleculares. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 14. (1):73-80, 2015. ISSN: 1665-2738
- ALCAZAR, Sylvia. ALMEIDA, Maria. (Como se citó en Saunders et al., 2011 Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. Food Science and Technology. [en línea]. Vol. 35. n°. 2. abril- junio, 2015. [Fecha de consulta: 06 de mayo del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612015000200215&lng=en&nrm=iso&tlng=en; ISSN: 1678-457X
- ARBOLEDA, German. MONTILLA, Camilo. Efecto de la inclusión de policaprolactona en películas elaboradas a partir de almidón y ácido poliláctico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. (1):11-19, enero-junio, 2017. ISSN: 1692-3561.
- BRANT, Antonio. NAIME, Natalia. LUGAO, Ademar. [et al]. Influence of Ionizing Radiation on Biodegradable Foam Trays for Food Packaging Obtained from Irradiated Cassava Starch. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol, 62. octubre, 2018. ISSN: 1516.88913
- BONILLA, Jeimmy. HOYOC, José. VILLADA, Héctor. (Como se citó en MUSCAT, D., ADHIKARI, B., ADHIKARI, R. and CHAUDHARY, D.S). Modificación enzimática de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para el desarrollo de películas flexibles. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. [en línea]. Vol. 12. N°, 1. Junio, 2014. [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a16.pdf> ; ISSN: 1909-9959

- BUSTILLOS, Juan. TIRADO, Juan. ORDÓÑEZ, Magali. [et al]. (Citado por Bello-Pérez et al., 1999; Waterschoot et al, 2015). Physicochemical, thermal and rheological properties of three native corn starches. Food Science and Technology. Vol. 39, n°. 1, (1): Abril, 2018.
ISSN: 0101-2061
- CASTRO, Marlon, MANTUANO, Maria. COLOMA, Jose. [et-all]. (Como se citó en Souza et al., 2012) Utilisation of Cassava Starch Edible Films containing Salicylic Acid on Papaya (Carica papaya L.) Preservation). Revista Politécnica. [en línea]. Vol.39. (1). Abril, 2017. [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2019]. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-01292017000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=en ;
ISSN: 2477-8990
- CORTES, José. FERNANDEZ, Amanda. MOSQUERA, Silvio. [et al]. Evaluación de propiedades mecánicas ópticas y de barrera en películas activas de almidón de yuca. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 12. (1):88-97, junio, 2014.
ISSN 1692-3561
- COSTA, Marina. MACHADO, Thaissa. OLIVEIRA, Keyla. [et al]. Microbiological and physicochemical profiles of the sour cassava starch and bagasse obtained from cassava agroindustry. Food Science and Technology. Julio, 2018.
ISSN 0101-2061
- D.L N° 1278 “Ley de Gestión Integrada de los Residuos Sólidos”. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. 23 de diciembre de 2016.
- FELIX, Manuel. CARPINTERO, Valme. ROMERO, Alberto. [et al]. Influence of sorbitol on mechanical and physico-chemical properties of soy protein-based bioplastics processed by injection molding. Polímeros. [en línea]. Vol., 26. N° 4. 08 de diciembre, 2016. [Fecha de consulta: 06 de mayo del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010414282016000400277&lng=en&tlng=en
ISSN: 1678-5169

- GARCIA, Alma. Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. [En línea]. 1º ed. San Salvador. ITCA Editores. 2015. [Fecha de consulta: 10 de octubre del 2019]. ISBN: 978-99961-50-21-0
- HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. (como se citó en Kinnaer y Taylor, 1998, p. 406). Metodología de la Investigación [en línea]. 6.ta ed. México. Editorial McGRAW-HILL. 2014. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2019]. Capítulo 5. Definición de alcances de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lemg/lemaitre_w_n/capitulo3.pdf
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana “NTE INEN 2644:2013”. Ecuador. 2013. 12 pp.
- INSTITUTO VALENCIANO DE MICROBIOLOGÍA (España). Prueba de ecotoxicidad con plantas terrestres: pruebas de germinación y de crecimiento de plántulas (OECD 208: 2006). [Fecha de consulta: 28 de abril del 2019]. Disponible en: <https://www.ivami.com/es/ecotoxicologia-con-algas-i-daphnia-magna-i-y-peces/5879-prueba-de-ecotoxicidad-con-plantas-terrestres-pruebas-de-germinacion-y-de-crecimiento-de-plantulas-oecd-208-2006-terrestrial-plant-test-seedling-emergence-and-seedling-growth-test>
- KAZA, Silpa [et al]. [en línea]. 1.ra ed. Washington: The World Bank Group. 2018. [fecha de consulta: 12 de abril de 2019]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/9781464813290.pdf>
ISBN (electronic): 978-1-4648-1347-4
- KINNEAR, Thomas. TAYLOR, James. Investigación de mercados. [en línea]. 5a. Ed. México. McGRAW-HILL. 1998. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.tirant.com/redabogacialibros/libro/investigacion-de-mercados-taylor-9789586007825>
ISBN 13 9789586007825
- KHOOZANI, Amir. AHMED, Din. BIRCH, John. (Citado por A. Campuzano, C.M. Rosell, F. Cornejo). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour . Revista Internacional de macromoléculas biológicas. [en

- línea]. Vol., 130. 1 de junio, 2019. [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2019].
 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30844459>
 ISSN: 0141-8130
- LABEAGA Viteri, Aitziber. Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. (Master en ciencia y tecnología). España. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Departamento de Química Orgánica e Ingeniería Química. Febrero, 2018. Pág., 48. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf
- LEY N° 28611 “Ley General del Ambiente”. SINIA. Lima, Perú. 15 de octubre de 2005.
- LEY N° 30884 “Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables”. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. 19 de diciembre de 2018.
- LEITES, Claudia. CORRALO, Jordana. CRISTINA, Isabel. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. Industrial Crops and Products. [en línea]. Vol., 109. 15 december 2017. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669017306180>.
 ISSN: 0926-6690
- LOPEZ, D. ROJAS, A. Factores que influyen las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de materiales compuestos maderoso plástico. Entre Ciencia e Ingeniería. Vol.12, (23): 93-102, 2018.
 ISSN: 1909-8367.
- MEDERIOS, Sabrina. TEJO, Mónica. ARAUJO, Roberlucia. [et al]. Characterization and study of functional properties of banana starch green variety of Mysore (Musa AAB - Mysore). Food Science and Technology. Vol, 37 (2):224-231, diciembre, 2016. ISSN: 0101-2061
- MENDOZA, Ricardo. VELILLA, Wilmer. Metodología para la caracterización termomecánica de películas plásticas biodegradables. Prospect. [en línea]. Vol. 9. N° 1. Junio. 2011. [Fecha de consulta: 05 de agosto del 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/427105281/DialnetMetodologiaParaLaCaracterizacionTermomecanicaDePel-4207692-1-pdf>

- MARIANO, Jaime. LOPEZ, Arturo. DOMINGUEZ, Angel. Synthesis and characterization of polymers based on citric acid and glycerol: Its application in non-biodegradable polymers. DYNA. Vol. 82, (190):53-59. Abril, 2015. ISSN: 0012-7353
- MINAM: En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables. [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 12 de abril de 2019]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>
- MINAM. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Lima. 2017. 10 pp.
- MONDINO, M. BALABAN, D. CAVALIERI, O. [et al]. Efecto de la cobertura de suelo con acolchados plásticos sobre el comportamiento del cultivo de alcaucil (cynara cardunculus var. scolymus L.). Revista FAVE - Ciencias Agrarias. Vol., 16, (2). 2017. ISSN: 1666-7719
- NOTICIAS ONU: Cómo la basura afecta al desarrollo de América Latina. [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 12 de abril de 2019]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>
- PIZA, Hamlet. ROLANDO, Sophia. RAMIREZ, Claudia. [et-al]. Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú. [en línea]. Piura. 2017. [Fecha de consulta 30 de abril del 2019]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- QUINTERO, Julián. DAVILA, Javier. MONCADA, Jonathan. [et al]. Analysis and characterization of starchy and cellulosic materials after enzymatic modification. DYNA. Vol., 83. (197). Junio, 2016. ISSN: 0012-7353
- QUIROZ, Joaquín. MAGAÑA. Miguel. Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales. Madera y Bosques. Vol., 21. (3):171-183, 2015. ISSN: 1405-0471.

- SEGAT: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Trujillo 2016-2020. [en línea]. Trujillo, 2018. [fecha de consulta: 12 de abril de 2019]. Disponible en: file:///C:/Users/Windows/Downloads/pigars_2016_2020_modificado.pdf
- SANCHEZ, Antonio. SILVA, Yuri. ARAUJO, Ricardo. [et al]. Waste bio-refineries for the cassava starch industry: New trends and review of alternatives. Renewable and Sustainable Energy Reviews. [en línea]. Vol., 73. 2017. [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313794635_Waste_biorefineries_for_the_cassava_starch_industry_New_trends_and_review_of_alternatives
ISSN: 1364-0321
- SERRANO, Doria, 2009. (Citado por Sheldon, Roger, 2007.) Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. Departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas. Universidad Iberoamericana. Prolongación Paseo de la Reforma 880. [en línea]. 2009. México. [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>.
- REOLON, Vivian. BLANCO, Nuria. TRIBUZI, Gustino. [et al]. (Citado por (Ashogbon y Akintayo, 2014 y Golachowski et al, 2015; Mbougeng et al, 2012; Bartz et al, 2012). Effect of the degree of acetylation, plasticizer concentration and relative humidity on cassava starch films properties. Food Science and Technology. [en línea]. Vol., 39. N°, 2. 07 de enero, 2019. [Fecha de consulta: 08 de mayo del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612018005030104&lng=en&tlng=en
ISSN: 1678-457X
- TRUJILLO Rivera, Cinthya. Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. Tesis. (Ingeniero Industrial). Puerto Maldonado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 2014. 147 pp. Disponible en <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .

- VICENTE, Robert. Aprovechamiento de la cáscara residual de la Musa balbisiana para la obtención de bioplástico en el Mercado APECOLIC - Comas – 2018. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2018. 123 pp. Disponible en: repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/24754
- WOONG, Shin. JOO, You. Soil microplastics inhibit the movement of springtail species. *Environment International*. [en línea]. Vol., 126. 25 de febrero, 2019. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018327752>
ISSN: 0160-4120
- WORLD TRADE ORGANIZATION. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics ASTM-D638. 2014. United States. 2014. 17 pp.
- WORLD TRADE ORGANIZATION. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials ASTM-D790. 2017. United States. 2017. 12 pp.
- WORLD TRADE ORGANIZATION. The Definitive Guide to ASTM D882 - Tensile Testing of Thin Plastic Film. 2018. United States. 2018. 12 pp.
- ZANELA, Juliano. BILCK, Ana. CASAGRANDE, Maira. [et al]. Polyvinyl alcohol (PVA) molecular weight and extrusión temperature in starch/PVA biodegradable sheets. *Polímeros*. Vol., 28, (3). 10 de Julio, 2018.
ISSN: 0104-1428
- ZUMARAN, Olga [et al.]. Estadística para la investigación. Lima: Fondo Editorial de la Universidad César Vallejo, 2017. 278 pp. ISBN: 9786124158759

ANEXOS

ANEXO 01: Datos generales.

Tabla 8: *Diseño experimental del trabajo de investigación.*

Tipo de almidón de residuo	Concentración de aditivos naturales (ácido-glicerol)				
	5ml-5ml	7ml-3ml	3ml-7ml	4ml-6ml	6ml-4ml
Yuca (Y)	Y-C1	Y-C2	Y-C3	Y-C4	Y-C5
Plátano (P)	P-C1	P-C2	P-C3	P-C4	P-C5
Yuca + Plátano (YP)	YP-C1	YP-C2	YP-C3	YP-C4	YP-C5

Donde:

Y = Almidón *Manihot esculenta*

P = Almidón *Musa Paradisiaca*

YP = Almidón *Manihot esculenta* (50%) y Almidón *Musa Paradisiaca* (50%)

C1 = 5 ml de ácido acético y 5 ml de glicerol.

C2 = 7ml de ácido acético y 3 ml de glicerol.

C3 = 3 ml de ácido acético y 7 ml de glicerol.

C4 = 4 ml de ácido acético y 6 ml de glicerol.

C5 = 6 ml de ácido acético y 4 ml de glicerol.

Tabla 9: *Especificaciones de los procesos.*

Indicador	Especificación		
Aditivos	Glicerol	Ácido acético	Agua
Temperatura de mezcla		59-75 °C	
Revoluciones de la mezcla		300 RPM	
T° secado		45 °C	
Tiempo de secado		15 horas	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: *Propiedades de los plásticos.*

Características mecánicas			Norma
Ensayo de tracción	>14	MPa (aprox.)	ASTM D 882
Elongación hasta rotura	>15	% (aprox.)	ASTM D882

Fuente: Modulo de ensayo de tracción y elongación, según normativa ASTM D790.

Tabla 11: Características de bioplásticos Vs plásticos convencionales.

Características	Bioplásticos	Plástico
Degradable al 100%	Si	No
Transparente	No	Si
Moldeable	Si	Si
Resistencia a la humedad	Parcialmente	Si
Resistente a la corrosión	Si	Si
Ayuda a disminuir la contaminación	Si	No
Tiempo máximo de degradación	1 año	Mayor a 100 años
Reciclable	Si	No

Fuente: Pizza et al., 2017.

Tabla 12: Estimación del costo promedio de una bolsa plástica convencional (bolsa de polietileno de baja densidad) Vs una bolsa a base de bioplástico.

Tipo	Características	Características
Plástico	20x30 m. 140 lts.	S/. 1.00
Bioplásticos	20x30 m. 140 lts.	S/. 0.85

Fuente: Mercado Libre.

Tabla 13: Consolidado del promedio de los resultados de la caracterización de las películas de bioplástico.

Tipo de almidón	Concentración	Fuerza (kg)	Distancia (mm)	Grosor (mm)	Elongación (%)	Ensayo de tracción (MPa)	Humedad (%)
Plátano	5ml - 5ml	1,01	5,85	0,027	9,75	14,85	10,00
	7ml - 3ml	1,55	6,72	0,033	11,20	18,66	21,00
	3ml - 7ml	1,72	5,07	0,280	8,45	2,41	17,79
	4ml - 6ml	0,21	3,24	0,030	5,40	2,74	16,96
	6ml - 4ml	0,87	7,06	0,047	11,77	7,26	18,56
Yuca	5ml - 5ml	0,56	17,02	0,033	28,37	6,42	12,74
	7ml - 3ml	1,46	16,83	0,028	28,06	20,27	15,02
	3ml - 7ml	0,10	9,93	0,024	16,54	1,66	15,70
	4ml - 6ml	0,47	9,69	0,030	16,15	5,90	15,33
	6ml - 4ml	0,65	11,73	0,022	18,64	11,73	14,46
Plátano/ yuca	5ml - 5ml	0,15	12,96	0,023	21,60	2,51	16,37
	7ml - 3ml	0,35	12,49	0,027	20,82	4,97	13,00
	3ml - 7ml	0,06	8,93	0,025	14,88	0,96	12,80
	4ml - 6ml	0,12	9,11	0,025	15,19	1,88	14,00
	6ml - 4ml	0,26	12,55	0,031	20,91	3,54	14,47

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: Flujogramas de procesos.

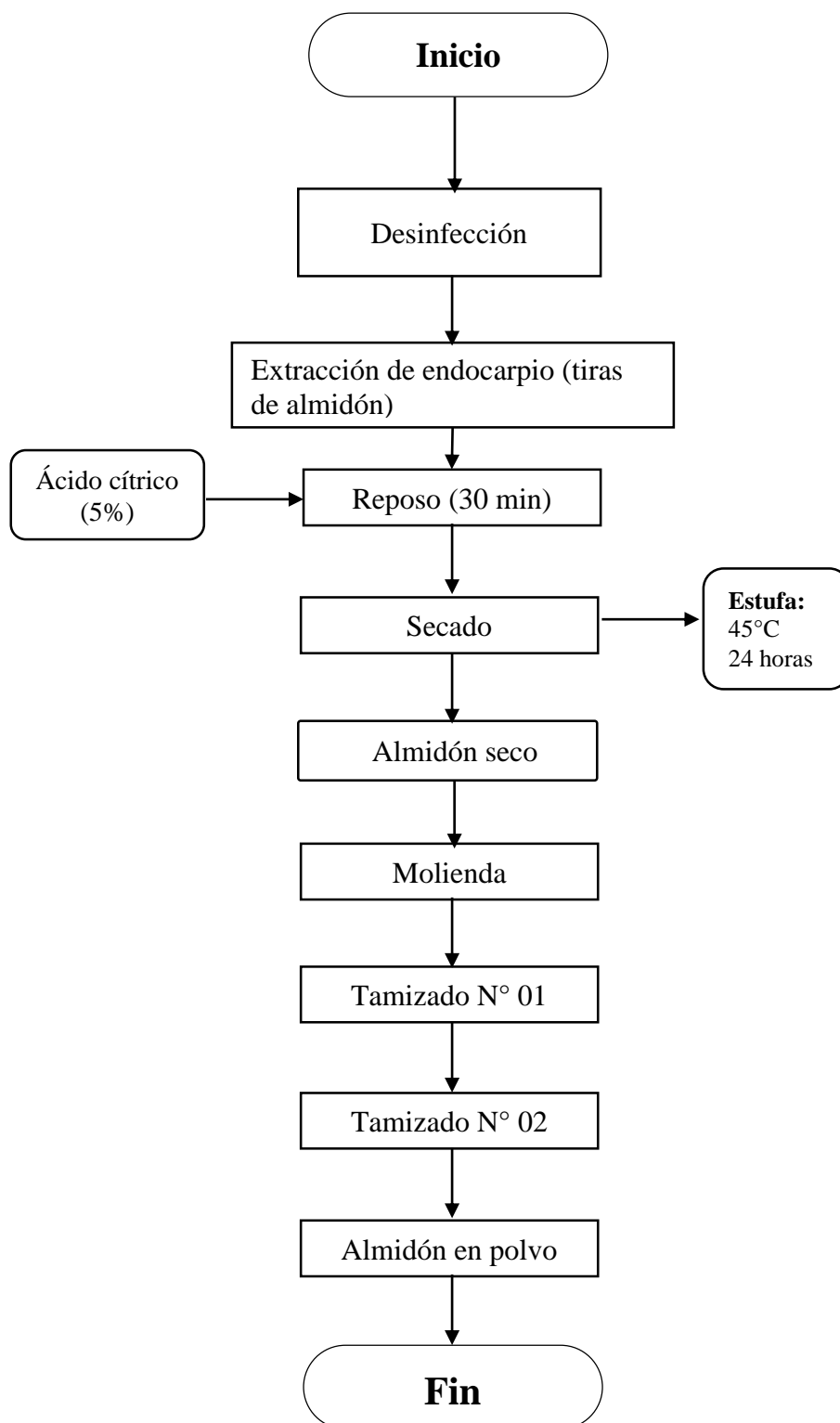


Figura 9: Obtención de almidón de cascara de plátano.

Fuente: Piza, Rolando y Ramírez et al., 2017.

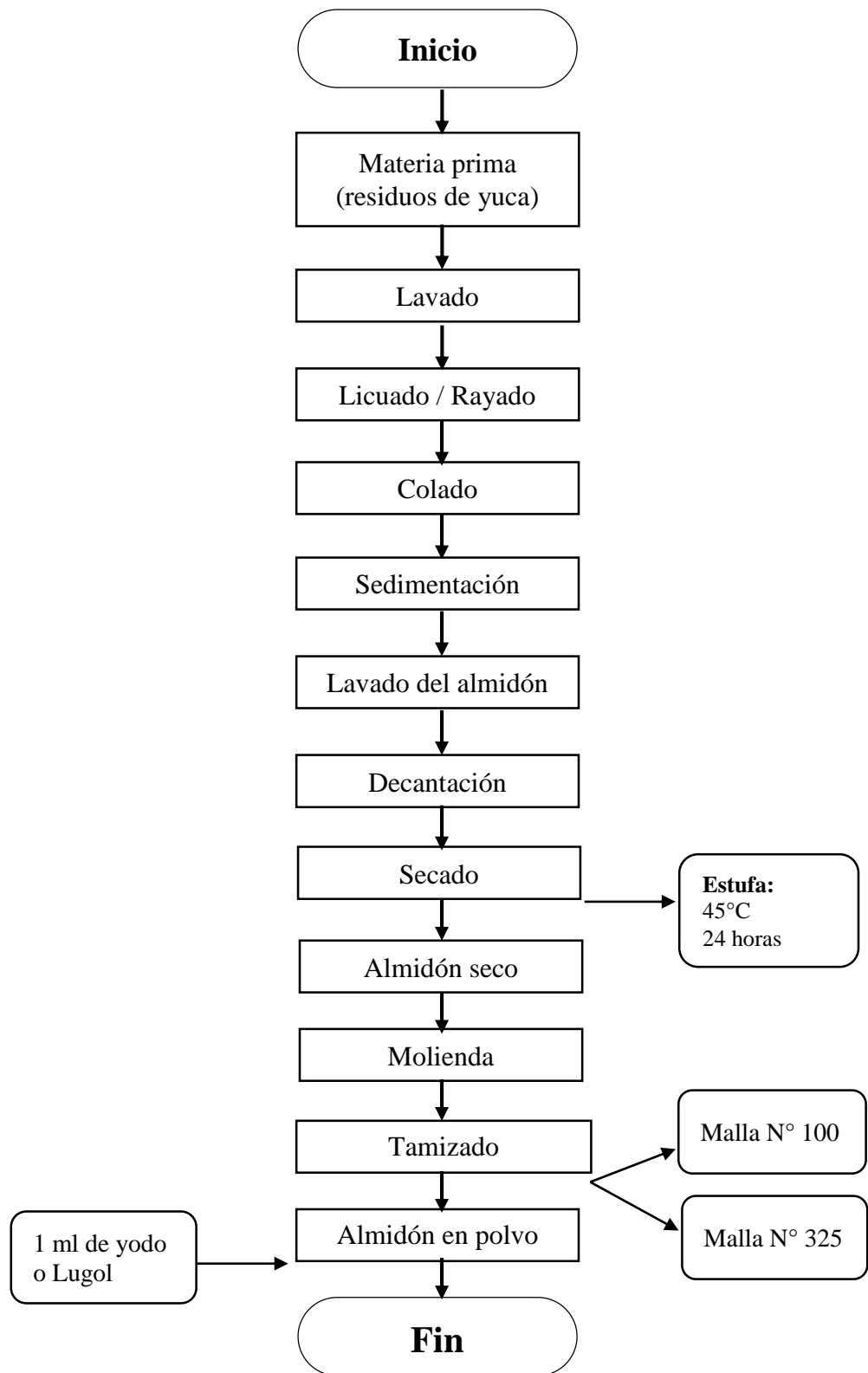


Figura 10: Obtención de almidón de cascara de yuca.

Fuente: Trujillo, 2014.

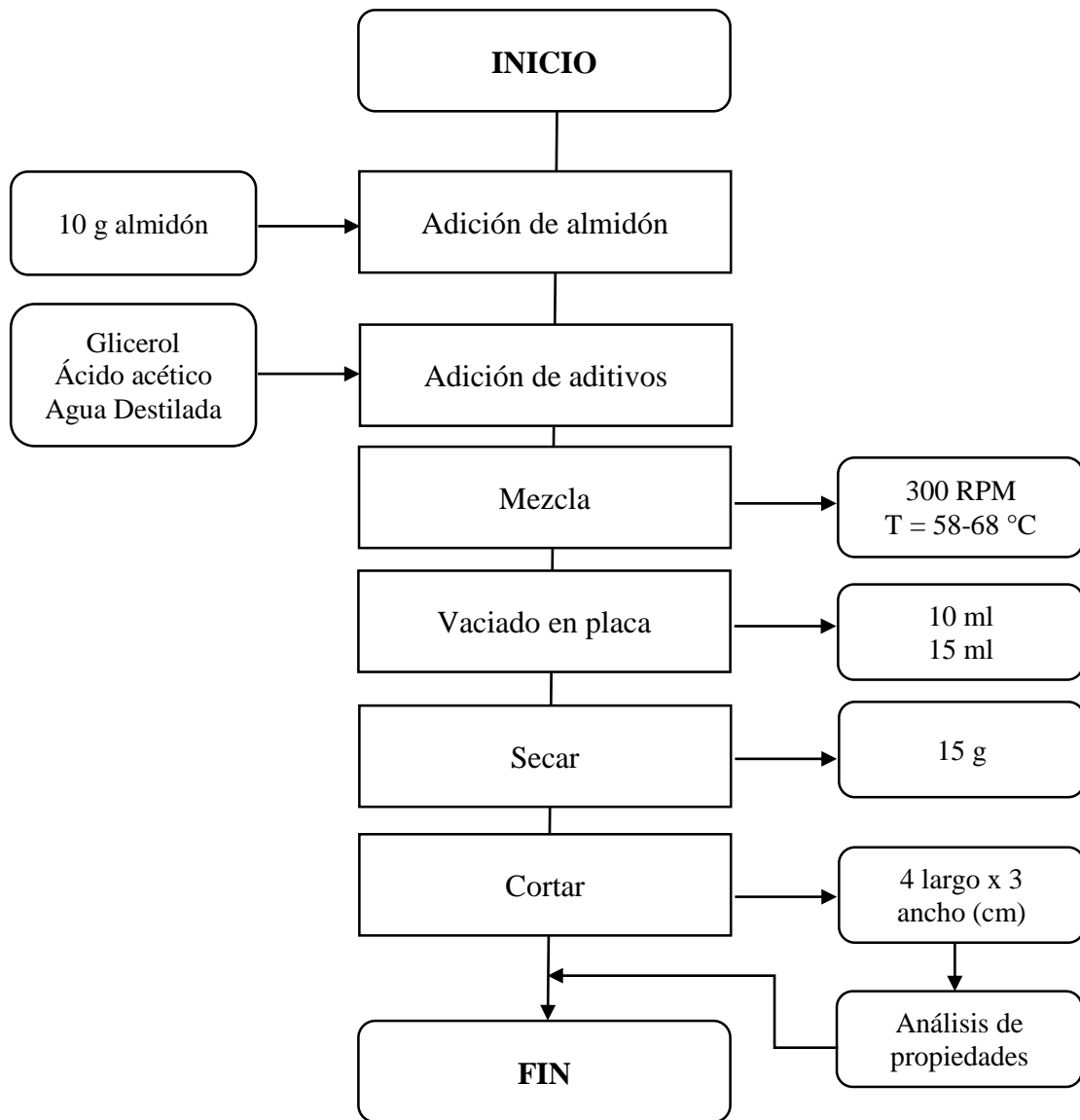


Figura 11: Proceso de elaboración del bioplástico.

Fuente: (Piza, Rolando y Ramírez et al., 2017)

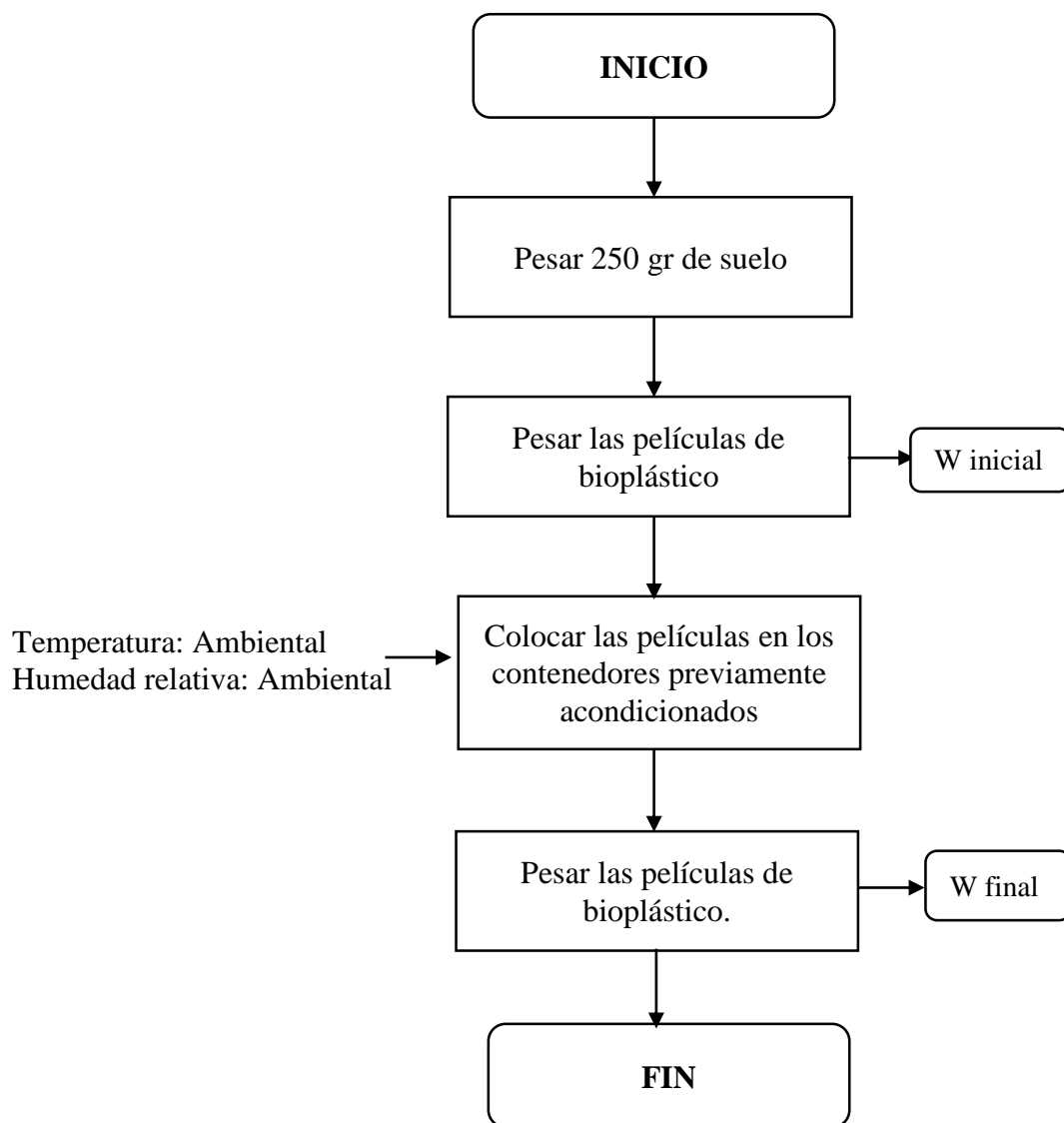


Figura 12: Biodegradación a condiciones ambientales – suelo.

Fuente: NTE INEN 2644:2013

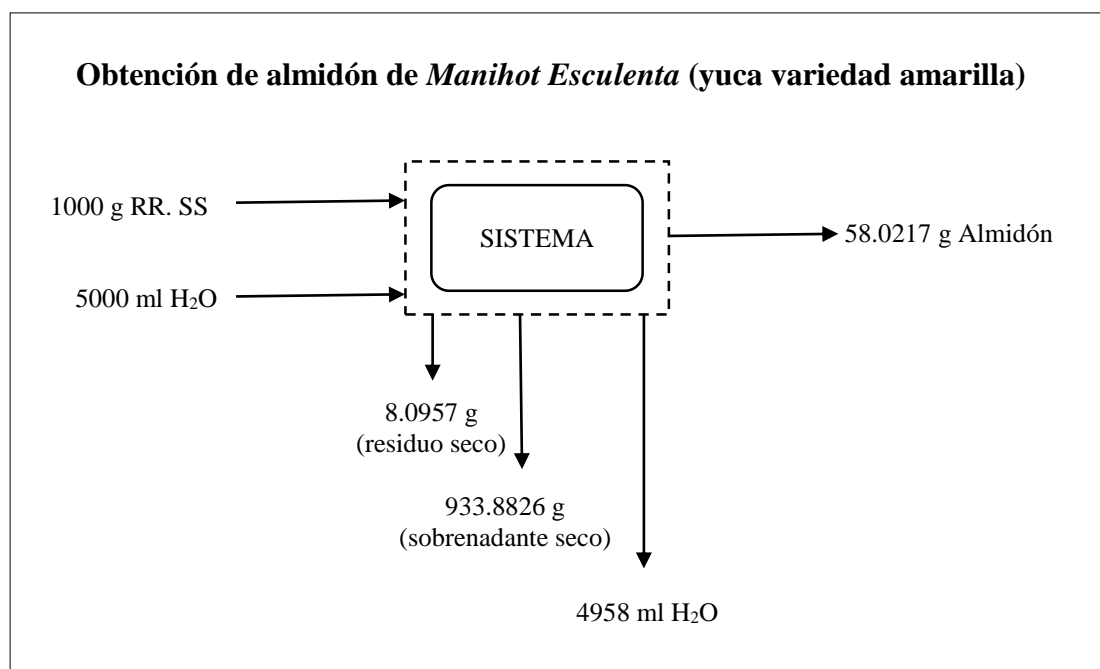


Figura 13: Proceso de obtención de almidón en polvo de *Manihot Esculenta*.

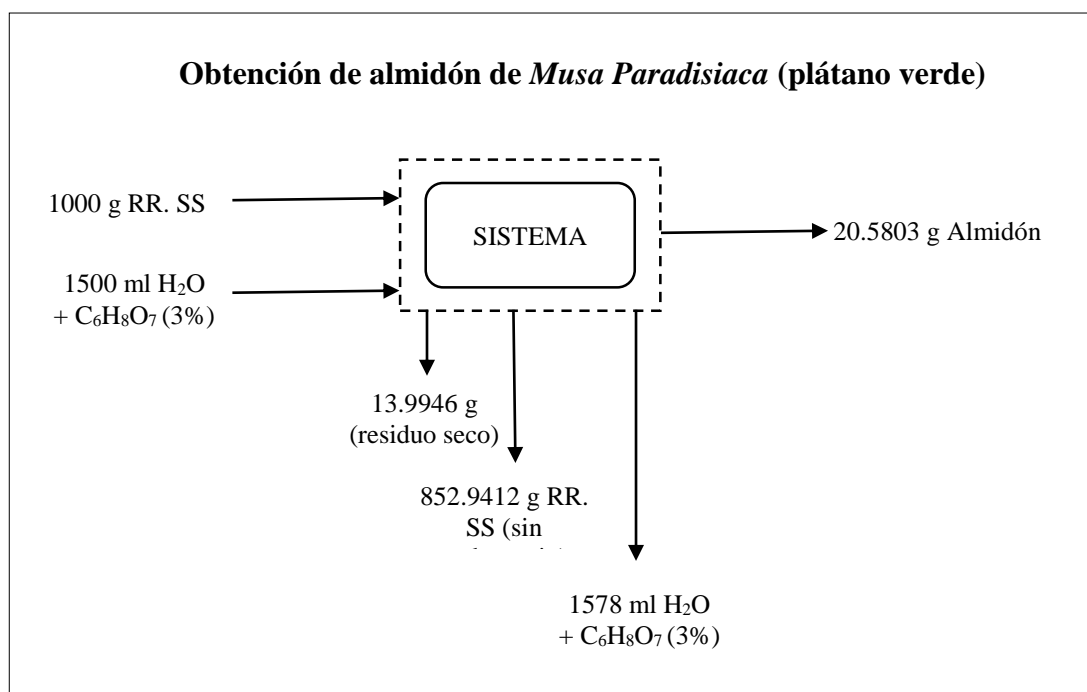


Figura 14: Proceso de obtención de almidón en polvo de *Musa Paradisiaca*.

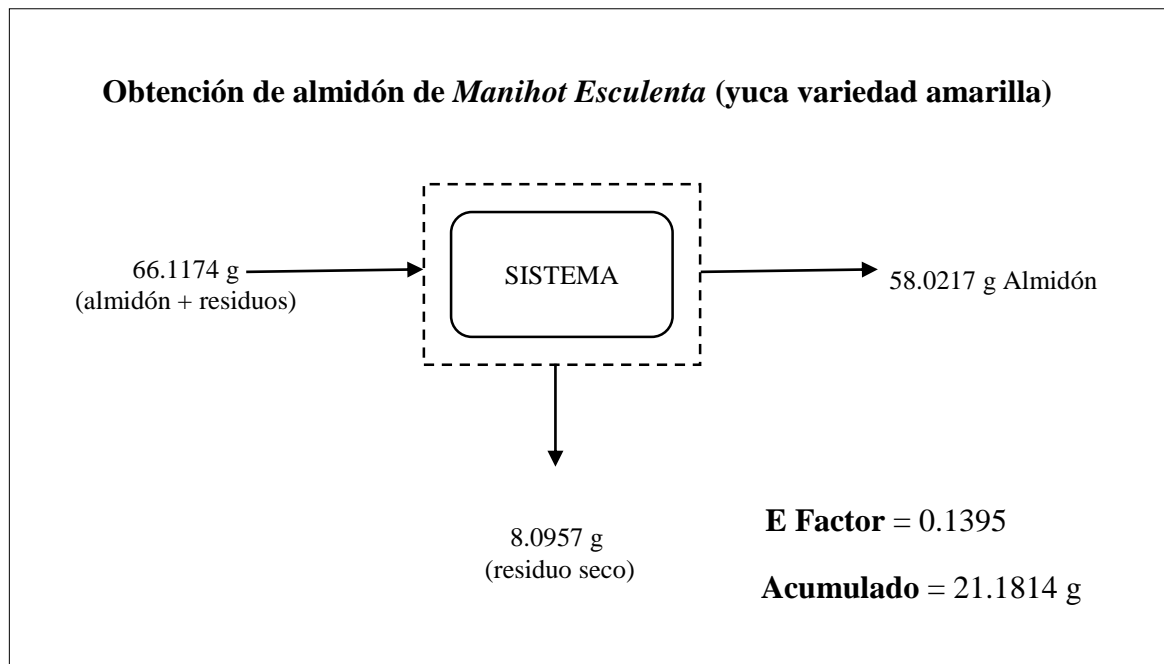


Figura 15: *Proceso de obtención de almidón de residuos de Manihot Esculenta.*

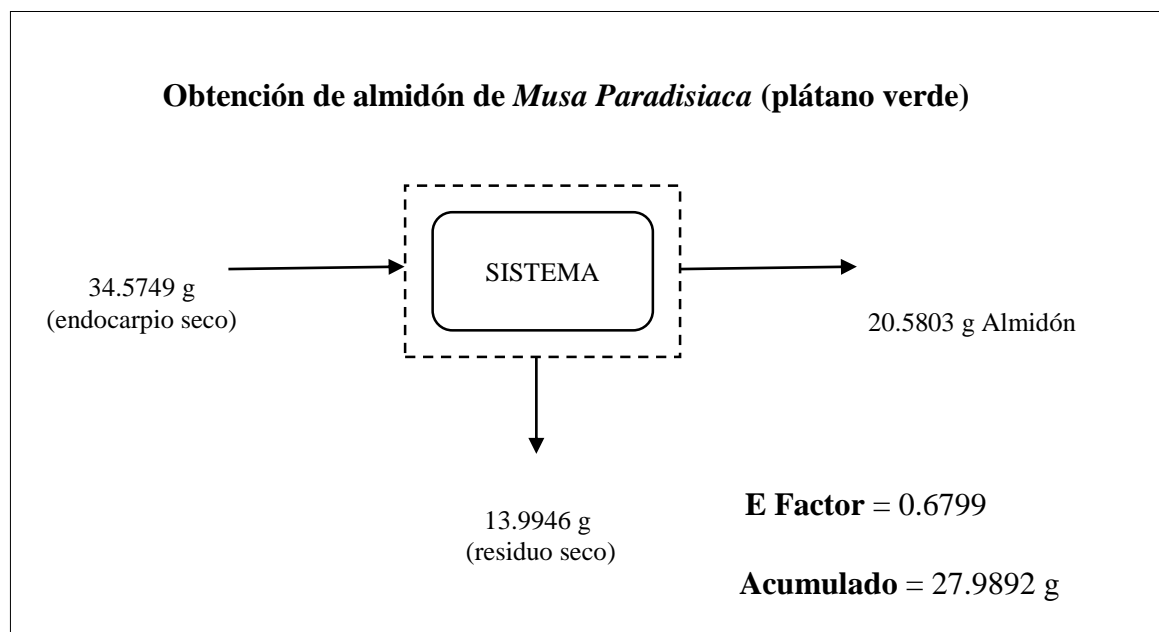


Figura 16: *Proceso de obtención de almidón de residuos de Musa Paradisiaca.*

ANEXO 03: Análisis estadístico.

PRUEBAS PARAMÉTRICAS

Análisis del % de elongación:

Tabla 14: Prueba de normalidad para % de elongación y tipo de almidón.

Pruebas de normalidad				
Parámetro	Tipo de almidón	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Elongación (%)	R. plátano (100%)	0,856	15	0,051
	R. yuca (100%)	0,952	15	0,562
	R. de yuca y plátano (50-50 %)	0,962	15	0,724

Para evaluar la distribución normal se plantea las siguientes hipótesis:

H_0 = Los datos proviene de una población que sigue una distribución normal.

H_1 = Los datos no proviene de una población que sigue una distribución normal.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas) el valor “p” tiene que ser mayor a 0,05 donde los resultados obtenidos son mayores a 0,05 por ello se acepta la hipótesis H_0 confirmando que todos los datos tienen una distribución normal.

Tabla 15: Prueba de normalidad para % de elongación y concentración de aditivo.

Pruebas de normalidad				
Parámetro	Concentración de aditivo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
Elongación (%)	5ml-5ml (A-G)*	0,913	9	0,336
	7ml-3ml (A-G)*	0,905	9	0,282
	3ml-7ml (A-G)*	0,960	9	0,796
	4ml-6ml (A-G)*	0,861	9	0,099
	6ml-4ml (A-G)*	0,961	9	0,807
*Relación ácido glicerina (A-G)				

Para evaluar la distribución normal de los datos se plantea las siguientes hipótesis:

H_0 = Los datos proviene de una población que sigue una distribución normal.

H_1 = Los datos no proviene de una población que sigue una distribución normal.

Con los resultados obtenidos de la prueba de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas) donde el valor “p” tiene que ser mayor a 0,05. Por lo tanto, aceptamos H_0 afirmando que la distribución de los datos tiene un comportamiento normal. Ya que los resultados sobrepasan el valor de 0.05

Tabla 16: Prueba de homogeneidad de varianza.

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^a Variable dependiente: Elongación (%)			
F	df1	df2	Sig.
1,960	14	30	0,060
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño: Interceptación + tipo de almidón + concentración de aditivo			

Para analizar la homogeneidad de los resultados se planteó las siguientes hipótesis:

H₀= Las varianzas en los grupos evaluados son homogéneos.

H₁= Las varianzas en los grupos evaluados no son homogéneos.

Según la tabla 16, de la prueba de Homogeneidad de varianza: el estadístico de Levene arroja que la significancia debe ser mayor a 0.05. Por lo tanto, el resultado de la tabla, si cumple con el requisito de homogeneidad ya que la significancia es de 0,06.

Tabla 17: Prueba Anova (inter-sujetos) para tipo de almidón y concentración de aditivo.

Pruebas de efectos inter-sujetos Variable dependiente: Elongación (%)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1323,437 ^a	14	94,531	2,834	0,008
Interceptación	12274,031	1	12274,031	367,917	0,000
Tipo de almidón	1228,810	2	614,405	18,417	0,000
Concentración de aditivo	41,338	4	10,334	0,310	0,869
Tipo de almidón * concentración de almidón	53,289	8	6,661	0,200	0,989
Error	1000,827	30	33,361		
Total	14598,295	45			
Total corregido	2324,264	44			

Según la tabla 17 nos muestra los resultados de análisis de varianza, el valor “p” debe ser menor a 0,05 donde se aprecia en los resultados que si existe diferencia significativa para la variable tipo de almidón ($p < 0.05$). Mientras tanto para la variable concentración y el efecto de interacción entre tipo de almidón – concentración de aditivo no presenta diferencia significativa, con un valor ($p > 0.05$).

Al ver que la variable tipo de almidón presenta diferencia significativa se realizó el análisis solamente con la variable tipo de almidón:

Tabla 18: Prueba de inter-sujetos para la variable tipo de almidón.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Elongación (%)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1228,810 ^a	2	614,405	23,556	0,000
Interceptación	12274,031	1	12274,031	470,590	0,000
Tipo de almidón	1228,810	2	614,405	23,556	0,000
Error	1095,454	4	26,082		
Total	14598,295	2			
Total corregido	2324,264	4			
		5			
		4			
		4			

Como se menciona en la tabla 16 que solo hay diferencia significativa en la variable tipo de almidón, es donde en la tabla 18 se puede confirmar ya que se tiene un valor $p < 0,05$.

Tabla 19: Prueba de Post Hoc – Sub conjuntos homogéneos para tipo de almidón.

Elongación (%)				
Estadístico	Tipo de almidón	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey ^{a,b}	R. plátano (100%)	15	9,314000	
	R. yuca (100%)	15	1,000	
	R. de yuca y plátano	15		18,678667
	(50-50 %)			21,553333
	Sig.			,282

Como se puede observar en la **tabla 19** de Sub conjuntos homogéneos HSD Tukey existe la formación de dos sub conjuntos diferenciados, el sub conjunto uno que agrupa a residuos de plátano con un valor porcentual de elongación de 9.314; y el sub conjunto dos que agrupa a los residuos de yuca y plátano-yuca con valores porcentuales de 18.6787 y 21.5533 respectivamente. Los resultados sugieren que los tratamientos de residuos de yuca y residuos de plátano-Yuca son los que presentan mejor % de elongación, a su vez que estos tratamientos son similares en cuanto al parámetro evaluado.

Tabla 20: Prueba de Post Hoc – Sub conjuntos para concentración de aditivo.

Elongación (%)			
	Concentración de aditivo	N	Subconjunto 1
HSD Tukey ^{a,b}	6ml-4ml (A-G)*	9	15,198889
	3ml-7ml (A-G)*	9	15,712222
	7ml-3ml (A-G)*	9	16,577778
	4ml-6ml (A-G)*	9	17,325556
	5ml-5ml (A-G)*	9	17,762222
	Sig.		,878
Duncan ^{a,b}	6ml-4ml (A-G)*	9	15,198889
	3ml-7ml (A-G)*	9	15,712222
	7ml-3ml (A-G)*	9	16,577778
	4ml-6ml (A-G)*	9	17,325556
	5ml-5ml (A-G)*	9	17,762222
	Sig.		,409

*Relación acido-glicerina

En la tabla número 20 se observa que todos los tratamientos son iguales y todos se agrupan en un subconjunto.

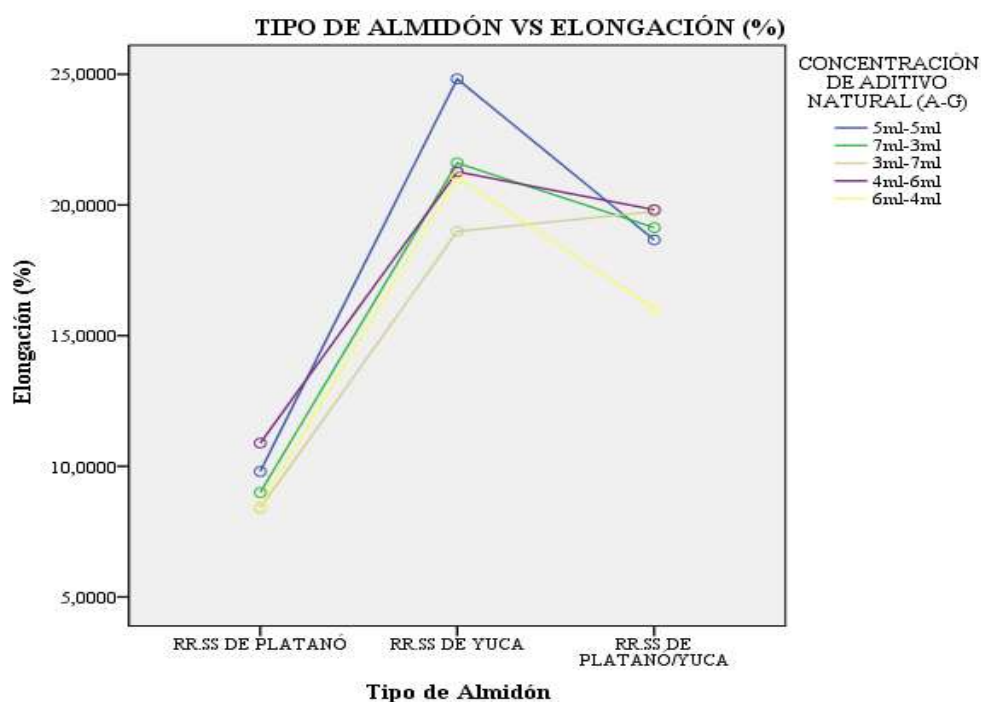


Figura 17: Gráfico de perfiles de interacción entre variables: concentración de aditivo y tipo de almidón en el % de elongación.

Según el grafico nos muestra que el mayor % de Elongación se obtuvo, empleando el tipo de almidón de yuca con la concentración de 5ml de Ácido Acético y 5 ml de Glicerina vegetal en cuanto a aditivos naturales.

PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

Al evaluar las variables de respuesta en cuanto a ENSAYO DE FRACTURA Y HUMEDAD se encontró que los datos no seguían una distribución normal a su vez que las varianzas entre los grupos no eran iguales. Por lo que se optó por trabajar con PRUEBAS NO PARAMETRICAS a fin de evaluar el efecto entre los diferentes tratamientos.

Tabla 21: Prueba de rangos para tipo de almidón en sus tres niveles.

Rangos		N	Rango promedio
	Tipo de almidón		
Humedad (%)	R. de plátano (100%)	15	38,00
	R. de yuca (100%)	15	17,40
	R. de plátano y yuca	15	13,60
	Total		45
Ensayo de tracción (MPa)	R. de plátano (100%)	15	27,80
	R. de yuca (100%)	15	27,93
	R. de yuca y plátano	15	13,27
	Total		45

En la **tabla 21** nos presenta los rangos promedio que se emplean para evaluar diferencia significativa entre tratamientos para las variables de respuesta % humedad y ensayo de tracción.

Tabla 22: Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

	Humedad (%)	Ensayo de tracción (MPa)
Chi-cuadrado	29,976	12,360
gl	2	2
Sig. Asintótica	,000	,002
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TIPO DE ALMIDON		

Según la **tabla 22** se evidencia diferencia significativa ($P < 0,05$) tanto para los rangos de % de humedad y ensayo de tracción. Por lo que se procede a comparar los niveles de la variable TIPO DE ALMIDON por pares mediante la prueba de Mann-Whitney.

Tabla 23: Prueba de rangos para tipo de almidón (RR. SS de plátano, RR. SS de yuca).

Rangos				
	Tipo de almidón	N	Rango promedio	Suma de rangos
Humedad (%)	R de plátano (100%)	15	23,00	345,00
	R. de yuca (100%)	15	8,00	120,00
	Total	30		
Ensayo de tracción (MPa)	R, de plátano (100%)	15	15,60	234,00
	R. de yuca (100%)	15	15,40	231,00
	Total	30		

En la **tabla 23**, nos presenta los rangos promedio que se emplean para evaluar la diferencia significativa entre los tratamientos RR. SS de plátano y RR. SS de yuca.

Tabla 24: Prueba de Mann-Whitney – variable TIPO DE ALMIDÓN (RR. SS de Plátano – RR. SS de Yuca) sobre % de Humedad y ensayo de tracción.

Estadísticos de prueba		
	Humedad (%)	Ensayo de tracción (MPa)
U de Mann-Whitney	,000	111,000
W de Wilcoxon	120,000	231,000
Z	-4,666	-,062
Sig. asintótica (bilateral)	,000	,950
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000 ^b	,967 ^b
a. Variable de agrupación: TIPO DE ALMIDÓN		
b. No corregido para empates.		

Según la prueba no paramétrica Mann - Whitney sugiere que no existe diferencia entre los niveles RR. SS de Plátano y RR. SS de Yuca en el ensayo de tracción ($P > 0,05$), no obstante, estos tratamientos si difieren en cuanto al % de Humedad. ($P < 0,05$)

Tabla 25: Prueba de rangos para tipo de almidón de RR. SS de plátano y RR. SS de plátano/yuca.

Rangos				
	Tipo de almidón	N	Rango promedio	Suma de rangos
Humedad (%)	R. de plátano (100%)	15	23,00	345,00
	R, de plátano y yuca (100)	15	8,00	120,0
	Total	30		
Ensayo de tracción (MPa)	R. de plátano (100%)	15	20,20	303,00
	R. de plátano y Yuca (100%)	15	10,80	162,00
	Total	30		

En la **tabla 25**, presenta los rangos promedio que se emplean para evaluar la diferencia significativa entre los tratamientos RR. SS de plátano y RR. SS de plátano y yuca.

Tabla 26: Prueba de Mann-Whitney – variable tipo de almidón (RR. SS de plátano – RR. SS de plátano y yuca) sobre % de humedad y ensayo de tracción.

Estadísticos de prueba ^a		
	Humedad (%)	Ensayo de tracción (MPa)
U de Mann-Whitney	,000	42,000
W de Wilcoxon	120,000	162,000
Z	-4,666	-2,925
Sig. asintótica (bilateral)	,000	,003
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000 ^b	,003 ^b
a. Variable de agrupación: TIPO DE ALMIDÓN		
b. No corregido para empates.		

Según la prueba no paramétrica Mann - Whitney esta muestra la **tabla 26** que si existe diferencia entre los niveles RR. SS de plátano y RR. SS de plátano yuca en el ensayo de tracción y % de humedad. Dado que la significancia del valor $P < 0,05$ en ambos casos.

Tabla 27: Prueba de rangos para tipo de almidón de RR. SS de yuca y RR. SS plátano/yuca.

Rangos				
	Tipo de almidón	N	Rango promedio	Suma de rangos
Humedad (%)	R. de yuca	15	17,40	261,00
	R. de plátano y yuca	15	13,60	204,00
	Total	30		
Ensayo de tracción (MPa)	R. de Yuca	15	20,53	308,00
	R. de plátano y yuca	15	10,47	157,00
	Total	30		

En la tabla 27, presenta los rangos promedio que se emplean para evaluar la diferencia significativa entre los tratamientos de RR. SS de yuca y RR. SS de plátano yuca.

Tabla 28: Prueba de Mann-Whitney – variable TIPO DE ALMIDÓN (RR. yuca – RR. SS plátano yuca) sobre % de humedad y ensayo de tracción.

Estadísticos de prueba ^a		
	Humedad (%)	Ensayo de tracción (MPa)
U de Mann-Whitney	84,000	37,000
W de Wilcoxon	204,000	157,000
Z	-1,182	-3,132
Sig. asintótica (bilateral)	,237	,002
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,250 ^b	,001 ^b
a. Variable de agrupación: TIPO DE ALMIDÓN		
b. No corregido para empates.		

Según la prueba no paramétrica Mann - Whitney sugiere que no existe diferencia entre los niveles RR. SS de yuca y RR. SS de plátano yuca en el % de humedad ($P > 0,05$), no obstante, estos tratamientos si difieren en cuanto al ensayo de fractura. ($P < 0,05$).

Tabla 29: Prueba de rangos para concentración de aditivos en sus cinco niveles.

Rangos		N	Rango promedio
	Concentración		
Humedad (%)	5ml-5ml (A-G)*	9	23,33
	7ml-3ml (A-G)*	9	23,89
	3ml-7ml (A-G)*	9	23,56
	4ml-6ml (A-G)*	9	23,56
	6ml-4ml (A-G)*	9	20,67
	Total	45	
Ensayo de tracción (MPa)	5ml-5ml (A-G)*	9	25,33
	7ml-3ml (A-G)*	9	23,67
	3ml-7ml (A-G)*	9	19,11
	4ml-6ml (A-G)*	9	28,00
	6ml-4ml (A-G)*	9	18,89
	Total	45	

*Relación acido-glicerina.

En la tabla 29, nos presenta los rangos promedio que se emplean para evaluar diferencia significativa entre tratamientos para las variables de respuesta % humedad y ensayo de tracción en cuanto a la concentración de aditivo.

Tabla 30: Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Estadísticos de prueba ^{a,b}		
	Humedad (%)	Ensayo de tracción (MPa)
Chi-cuadrado	,363	3,283
gl	4	4
Sig. Asintótica	,985	,512

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: CONCENTRACIÓN

En la *tabla 30*, se evidencia que no hay diferencia significativa ($P < 0,05$) tanto para los rangos de % de humedad y ensayo de tracción. Se concluye, que los valores obtenidos en las variables de respuesta son los mismos en cada tratamiento evaluado.

ANEXO 04: Fichas técnicas.

Tabla 31: Registro de datos de obtención de Almidón.

FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN									
Fecha:				Hora:			Lugar:		
ESPECIFICACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN									
Tipo de Residuo	Peso de residuo (g)	Agua gastada (ml)	Peso de sobrenadante (g)	Materia Prima (g)	Temperatura de secado ("C)	Tiempo de secado (h)	Polvo de almidón (g)	E Factor	

Observaciones:

VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE DATOS			
Nombres y Apellidos	Especialidad	Colegiatura	Firma
MEDARDO QUESADA ALVAREZ	INGENIERO QUÍMICO - AMBIENTAL	80434	[Signature]
MISRAEL VILLACORTA GONZALES	INGENIERO QUÍMICO	34428	[Signature]
IDIOORO VALDERRAMA RAHOS	INGENIERO QUÍMICO	59268	[Signature]



Tabla 32: Registro de datos de las propiedades físico-mecánicas de películas de bioplástico.

[illegible]

Tabla 33: Registro de datos de la biodegradación a condiciones ambientales – suelo.

[illegible]

погребен

ANEXO 05: Evidencia fotográfica.



Figura 18: Recepción de materia prima y limpieza de impurezas.



Figura 19: Pesado y triturado de los residuos de yuca.



Figura 20: Lavado y sedimentación de almidón.



Figura 21: Secado de almidón a 45 °C.



Figura 22: Molienda y tamizado en la malla N° 325.



Figura 23: Almidón de yuca.



Figura 24: Reposo de RR.SS. de plátano en ácido cítrico al 3% durante 15-30 min.



Figura 25: Extracción del endocarpio - reposo en ácido cítrico 3%.



Figura 26: Secado a 45 °C y Molienda de RR.SS de plátano.



Figura 27: Tamizado de almidón de RR.SS. de plátano en la malla N° 325.



Figura 28: *Peso de almidón y medición de aditivos naturales (ácido acético y glicerina).*



Figura 29: *Homogenización de la muestra en el agitador magnético.*



Figura 30: Películas de bioplástico de almidón de residuos de yuca y plátano.

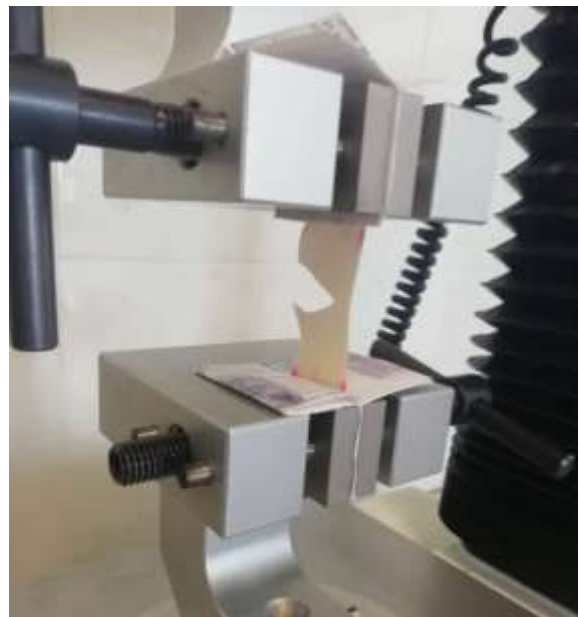


Figura 31: Análisis de Elongación y ensayo de tracción.



Figura 32: Degradación a condiciones ambientales.